

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OZONLA OKSİDASYONUN TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ
ARITILABİLİRLİĞİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Çevre Müh. Yalçın GÜNEŞ
F197Y412**

100876

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 31 Mayıs 1999
Tezin savunulduğu Tarih: 21 Haziran 1999**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İlhan TALINLI

İlhan Talinli

Diğer Jüri Üyeleri Doç. Dr. Işık KABDAŞLI

Doç. Dr. Işıl BALCIOĞLU (B.Ü)

Işıl Balcioğlu

100876

HAZİRAN 1999

ÖNSÖZ

Çalışmam sırasında üstün sabır ve içtenlikle yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. İlhan TALINLI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunar, ayrıca tezin yazılmasında yardımlarını benden esirgemeyen tüm dostlara da teşekkürlerimi bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	ix

1. GİRİŞ

1.1 Amaç ve Kapsam	1
--------------------	---

2. TEKSTİL ENDÜSTRİSİ

2.1 Endüstrinin Tanıtımı	3
2.2 Tekstil Sektörünün Önemi	3
2.3 Tekstil Endüstrisinin Türkiye'deki Durumu	4
2.4 Üretim ve Proses İşlemleri	5
2.5 Tekstil Endüstrisinde Alt kategorizasyon	6
2.6 Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu	9
2.6.1 Su kullanımı	9
2.6.2 Atıksu miktarı ve karakterizasyonu	10
2.6.2.1 Yapağı yıkama atıksu özellikleri	11
2.6.2.2 Yün terbiyesi atıksu özellikleri	12
2.6.2.3 Az su kullanımında prosesler ve atıksu özellikleri	12
2.6.2.4 Dokunmuş kumaş terbiyesi atıksu özellikleri	12
2.6.2.5 Örgü kumaş terbiyesi atıksu özellikleri	12
2.6.2.6 Halı terbiyesi atıksu özellikleri	12
2.6.2.7 Açık elyaf ve iplik terbiyesi atıksu özellikleri	13
2.6.2.8 Keçelendirilmiş kumaş işlenmesi atıksu özellikleri	13
2.6.2.9 Koza işleme ve doğal ipek üretimi atıksu özellikleri	13
2.6.3 Kirletici parametrelerin belirlenmesi	13
2.6.3.1 Kirletici parametre seçim esasları	13

2.6.3.2 Tekstil endüstrisi için kirletici parametrelerin seçimi	14
2.6.4 Kirletici parametrelerin özellikleri ve etkileri	14
2.6.5 Tekstil endüstrisi atıksularını arıtma teknolojileri	16
2.6.5.1 Genel arıtma yaklaşımları	16
2.7 Örnek Endüstrinin İncelenmesi	20
2.7.1 Yünlü tekstil endüstrisinin genel özellikleri	20
2.7.2 Yün terbiye atıksularının en uygun arıtma teknolojileri	22
2.8 İncelenen Tesis Hakkında Genel Bilgi	22
2.8.1 Üretilen maddelerin çeşitleri	24
2.8.2 Tesiste üretim düzeni	25
2.9 Proses Profili	29
2.10 Kirlenme Profili	30
2.10.1 Tesisin atıksu kaynak ve özellikleri	31
2.10.2 Tesisin atıksu karakterizasyonu	32
2.11 Altıyıldız Atıksu Arıtma ve Geri Kazanma Tesisi	33
2.11.1 Geri kazanma tesisi	34
2.11.2 Arıtma tesisi	35
2.11.3 Atıkların azaltılması ve geri kazanma	36

3. OZON İLE OKSİDASYON

3.1 Ozon ile Oksidasyon	38
3.2 Ozonlama Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları	42
3.2.1 Avantajları	42
3.2.2 Dezavantajları	43
3.3 Kimyasal Oksidant Olarak Ozon	43
3.4. Ozonlama İçin Gerekli Ekipmanlar	46
3.4.1 Genel ekipmanlar	49
3.4.1.1 Kesikli reaktör	49
3.4.1.2 Sürekli akış reaktörü	50
3.5 Deneysel Prosedürler	50
3.6 Kesikli Sistemde Ozonlamanın Değerlendirilmesi	54
3.7 Sürekli Akış Değerlendirilmesi	55
3.8 Sınırlandırmalar ve Ölçülendirme	56

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

4.1 Deneysel Çalışmanın Planlanması	57
4.1.1 Tekstil endüstrisi atıksuları için deneysel çalışma	58
4.2 Ozonlama İçin Deneysel Düzenek	59
4.3 Ozonlama Testi İçin Veri Oluşturulması	62
4.4 Ozon Hesaplama Yöntemi	63
4.5 Giriş Gaz Akımındaki Ozon Gazının Ölçümü	64
4.6 Giriş Gaz Akımındaki Ozon Konsantrasyonu	65
4.7 Deneylerde Kullanılan Cihaz ve Analitik Yöntemler	65

5. SONUÇLAR

5.1 Tekstil Atıksu Örneklerinin Ozon İle Oksidasyonu	67
5.1.1 Ozon dozajı hesabı	67
5.1.2 700 mg/l ve 3000 mg/l KOİ içeren atıksular için yapılan deneyler	68
5.2 Tekstil Atıksu Örneklerinin Biyolojik Olarak Arıtılabilirliği	70
5.2.1 Atıksuların doğrudan biyolojik arıtımı	71
5.2.2 Ozonlanmış atıksu örneklerinin biyolojik olarak arıtılabilirliği	72

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

74

KAYNAKLAR

77

ÖZGEÇMİŞ

79

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	: Altınyıldız Tekstil Endüstrisi Üretim Akım Şeması	26
Şekil 2.2	: Yıkama ve Çalkalama İşlemi Akım Şeması	27
Şekil 2.3	: Karbonizasyon İşlemi Akım Şeması	28
Şekil 2.4	: Dinkleme İşlemi Akım Şeması	28
Şekil 2.5	: Boyama İşlemi Akım Şeması	29
Şekil 3.1	: Ozon Jeneratöründe O ₃ Gazı Üretimi	41
Şekil 3.2	: Oksijen Çevirimiyle Ozon Üretimi	41
Şekil 3.3	: Ozon Gazının Sıvı Ortama Transferi	41
Şekil 3.4	: Şematik Ozonlama Diyagramı	47
Şekil 3.5	: Ozon – Atıksu Kontaktörünün Çalışma Düzenegi	48
Şekil 3.6	: Laboratuvar Ozonizatörü	49
Şekil 3.7	: Kesikli Sistem Ozonlamasında Temas Süresinin Belirlenmesi	54
Şekil 4.1.	: Zayıf Atıksu için Deneysel Düzenek Akım Şeması	57
Şekil 4.2	: Kuvvetli Atıksu için Deneysel Düzenek Akım Şeması	58
Şekil 4.3.a	: Deneylerde Kullanılan Ozonlama Sisteminin Karşıdan Görünüşü	60
Şekil 4.3.b	: Gaz Yıkama Şişelerinde Ozon Gazı Çıkışı ile Renk Değişimi	60
Şekil 5.1	: Ozonlama ile KOİ Giderimi	69
Şekil 5.2	: Ozonlama ile Deterjan Giderimi	69
Şekil 5.3	: Ozonlama ile Renk Giderimi	70

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	: Bazı Ülkelerdeki Tekstil İhracatı Oranları	4
Tablo 2.2	: Tekstil Endüstrisi Atıksularında Bulunabilen Organik Kirleticiler	16
Tablo 2.3	: Arıtma Sistemlerindeki Proseslerin Tahmini Kirletici Giderme Verimleri	19
Tablo 2.4	: Tekstil Endüstrisinin Atıksu Arıtma Teknolojileri ve Arıtma Verimleri	20
Tablo 2.5	: Yün Terbiyesi Atıksuları için Genel Atıksu Karakteri	21
Tablo 2.6	: Proses Profili	29
Tablo 2.7	: Mevcut Kirlenme Profili	30
Tablo 2.8	: Gelecekteki Kirlenme Profili	31
Tablo 2.9	: Atıksu Karakterizasyonu Ortalama Değerler	32
Tablo 2.10	: Parametrelerin İSKİ Değerleriyle Karşılaştırılması	33
Tablo 3.1	: Ozonun Termodinamik Özellikleri	38
Tablo 3.2	: Ozonun Su ve Atıksularda Kullanım Amaçları	39
Tablo 3.3	: Su ve Atıksu Arıtımında Çeşitli Oksidantların Oksidasyon Potansiyelleri	42
Tablo 3.4	: Ozon Ölçümü için Analitik Metod Özeti	50
Tablo 3.5	: Kesikli Sistemde Ozonlama Matrisi	54
Tablo 4.1	: Ozonlama İşlemi için Veri Tablosu	63
Tablo 5.1	: Ozon Oksidasyonunda Farklı Temas Sürelerinde KOİ Giderim Performansları	68
Tablo 5.2	: Doğrudan Biyolojik Arıtmanın KOİ giderim Performansı	72
Tablo 5.3	: Ozonlanmış Atıksuların KOİ giderim Performansı	72
Tablo 5.4	: Ozonlama Sonucu Kimyasal ve Biyolojik Giderim Verimleri	73
Tablo 6.1	: Arıtma Alternatifleri Giderim Verimleri	76

ÖZET

ÖZONLA OKSİDASYONUN TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ ARITILABİLİRLİĞİNE ETKİSİ

Tekstil endüstrisi büyük miktarda su kullanımı ve atıksu üretiminden dolayı çevre açısından en önemli endüstrilerden biridir. Bu nedenle literatürde, en iyi arıtma alternatifine ulaşmak için yapılmış bir çok araştırma vardır.

Bu çalışmada tekstil endüstrisi tanımlanmış ve farklı proseslerin atıksularına bunların arıtma sistemi bütünündeki arıtılabilirlik modifikasyonlarını görebilmek amacıyla ozon oksidasyonu uygulanmıştır. Deneysel çalışma üç farklı adımda gerçekleştirilmiştir. Birinci adımda, laboratuvar ölçekli bir doldur boşalt aktif çamur sistemi ile zayıf ve kuvvetli atıksulara biyolojik olarak arıtılabilirlik testi uygulanmıştır. İkinci adımda bu atıksular ozon oksidasyonuna tabi tutulmuş ve daha sonra biyolojik arıtmaya sokulmuşlardır. Son adımda kimyasal arıtma ile KOİ' si düşürülen kuvvetli atıksu ozonlandıktan sonra biyolojik arıtmaya tabi tutulmuştur. KOİ, AKM, deterjan ve renk parametreleri giderim verimlerinin görülmesi amacıyla her üç sistemde de izlenmiştir. Ozonlama prosesinin arıtma sistemi bütünündeki yerini belirlemek için ünite ünite giderim verimleri değerlendirilmiştir.

Deneysel çalışmalar göstermiştir ki düşük KOİ'li atıksular için optimum ozon temas süresi 30 dakika olup, çıkış KOİ' si F/ M oranın düşük tuttuğundan aktif çamura beslenemez. Bir başka deyişle ozonlama ile KOİ oksidasyonu ön arıtma standartlarına ulaşmak için yeterlidir ve ayrı bir biyolojik ünite gerektirmemektedir. Mikrokirleticiler açısından standartların sıklığı nedeni ile ozonlama ve biyolojik arıtma beraber kullanılmalıdır. Kuvvetli atıksularda sadece ozonlama ile standart değerlere ulaşamayacağı görülmüştür. Ozonlamanın kuvvetli atıksulardaki substrat inhibisyonunu önleyip biyolojik arıtma verimini artırdığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca ozonlama sırasında meydana gelen OH radikallerinden dolayı kimyasal arıtma veriminin artışı gözlenmiştir.

Biyolojik arıtmaya inhibisyon etkisi olan deterjanların kısa süreli ozon uygulaması ile büyük miktarda bozunduğu ve yine renk parametresinin büyük ölçüde giderildiği gözlenmiştir.

SUMMARY

EFFECT OF THE OZONE OXIDATION ON TREATABILITY OF TEXTILE WASTEWATERS

Textile industry is environmentally the most important industry due to high amount of both water usage and wastewaters generation. For this reason, they are a lot of investigation to reach the best practicable treatment alternative in the literature.

In this study, textile industry is defined and ozone oxidation is carried out on the different process wastewaters to see their treatability modifications in overall treatment system. Experimental study has been run on three different series. First, biological treatability test is applied to both light and strong wastewaters in lab-scale fill and draw activated sludge system. Second, this wastewaters are ozonated and then is given to biological treatment. Finally, ozonated strong wastewaters are reduced in COD basis by chemical treatment in a jar test and then is given to activated sludge. COD, SS, detergent and colour parameters are monitored in every three systems to see their removal efficiency. Unit by unit the removal efficiencies are evaluated to design the placement of ozonation process in the overall treatment system.

The experimental results show that optimum ozone contact time is 30 minutes for low COD wastewaters and effluent COD value can not be fed to activated sludge because of low F/ M ratio. In other words, oxidation of COD by ozonation is sufficient to reach pre-treatment standards and it does not need a new biological treatment. Ozone oxidation and biological treatment process should be used together due to strict standards for the micro pollutants. The Experiments, show that just ozone oxidation is not sufficient to reach standard values for strong wastewaters. Ozone oxidation prevents the substrate inhibition that causes increasing the efficiency of biological treatment in strong wastewaters. In addition, it has been seen that the efficiency of the chemical treatment increases due to OH radicals which exist during ozone oxidation.

Not only, detergents, which cause inhibition effect on the biological treatment, is reduced by 30 minutes ozonation but also the colour is reduced significantly.

1.GİRİŞ

Çevre kirlenmesi kontrolünde, özellikle endüstriyel kirlenmenin problemli endüstriler için kirlenme profilleri göz önüne alındığında en uygun ve en ekonomik arıtma teknolojilerini sunabilecek tasarımlar çevre mühendisliği biliminde karmaşık ve çok boyutlu seçenekleri ortaya çıkarmaktadır. Endüstrilerin çok farklı ve kompleks atıksularının arıtımında arıtım sistemi bütünü için düşünülen ünitelerin çokluğu yanında farklı kirletici türlerine farklı ünitelerin hitab etmeside düşünülmesi gereken ayrı bir boyuttur. Tekstil endüstrileri, on farklı alt kategori ve her endüstri için ayrı bir kirlenme profili ile ortaya çıkmaktadır. Genellikle biyolojik arıtma ile sonlandırılan atıksu arıtma sistemlerinde gerek toplam arıtma verimi, gerekse de biyolojik arıtmanın kendi içindeki verimini yükseltebilecek bir arıtma prosesi de oksidasyon prosesidir. Kimyasal maddelerle (H_2O_2 ve Cl_2) yapılan oksidasyon haricinde pratik bazı avantajlara sahip bir başka oksidasyon prosesi ozonlamadır. Bu tezde ozonun oksidasyon amaçlı kullanımı ile çalışılarak arıtma tesisi bütünü içindeki yeri incelenmiştir.

1.1 Amaç ve Kapsam

Bu çalışmanın amacı tekstil endüstrisi atıksularında genellikle kullanılan kimyasal ve biyolojik arıtma ünitelerinden oluşan arıtma bütünü içindeki girişimleri önleyecek ve uygun bir tasarımın seçeneklerini elde etmeyi ozon oksidasyonu yolu ile sağlamaktır.

Bu amaç çerçevesinde;

- ◆ Tekstil endüstrileri literatür düzeyinde ve seçilen örneğinde araştırılmış
- ◆ Proses profilleri ve kirlenme profilleri yapılmış
- ◆ Ozon oksidasyonunun temelleri incelenerek çevre mühendisliğindeki kullanım alanları belirlemiş
- ◆ Örnek atıksuya biyolojik arıtma, ozonlama ve ozonlama sonrası kimyasal ve biyolojik arıtmayı içeren bir deneysel çalışma planı yürütülmüş
- ◆ Deneysel çalışma sonuçlarının diğer arıtma ünitelerine verim açısından etkileri değerlendirilmiş
- ◆ Değerlendirme sonuçları ile atıksu arıtma sistemi için seçenekler önerilmiştir.

Çalışmanın sonuçları itibarı ile endüstriyel atıksu arıtma sistemi tasarımcılarına kavramsal tasarımda ışık tutabilecek verilerin elde edildiği umulmaktadır.



2. TEKSTİL ENDÜSTRİSİ

2.1 Endüstrinin Tanımı

Endüstriyel kirlenme açısından standart endüstri sınıflamasında (SIC) tekstil ana kategorisi doğal ve sentetik elyafları ürüne dönüştüren bir endüstri dalıdır. Endüstri doğal ve sentetik ipliklerin hazırlanması, dokuma, örme veya başka yöntemlerle kumaş, triko, halı gibi ürünler haline getirilmesi, iplik ve kumaşlara kasarılama, haşılama boya, baskı, apre gibi terbiye işlemlerinin uygulanmasını içerir.

Tekstil ürünlerinin kişi ve ev gereksinmelerini karşılayan maddeler olmaları, tekstil üretimini yaygın bir iş kolu olarak geliştirmiştir. Endüstrinin;

- Birbirinden bağımsız ve çok sayıda üretim safhası içermesi
- Üretim ve pazarlama şekillerinin son derece çeşitli olması
- Önemli sayıda küçük, orta ve büyük işletmenin faaliyet göstermesi başlıca özellikleridir.

Tekstil endüstrisi Türkiye ekonomisi içinde en ağırlıklı payı ve alanı oluşturur. Halen Türkiye sanayindeki payı %20'nin üzerindedir.(1)

2.2 Tekstil Sektörünün Önemi

Tekstil endüstri karşıladığı ihtiyaçlar gözönüne alındığında çeşitli endüstriler içinde önemli bir endüstri haline geirmiştir. Gelişmekte olan ülkelerde hammadde genellikle yurt içinde üretilmekte, döviz tasarrufu, yatırım, istihdam ve ihracat potansiyeli ile bu sektör imalat sanayinin ilk sıralarında yerini almaktadır. 1986'da Türkiye'nin toplam ihracatı 80 milyon dolardı. Bunun %26,9'unu tekstil ürünleri oluşturmaktaydı.

Üçüncü dünya ülkeleri gibi kalkınmasını tamamlayamamış ülkelerde göreceli bir iş gücü fazlalığı vardır ancak nitelikli iş gücü azdır. Özellikle sanayileşmenin ilk safhasında tekstil bu duruma uyan bir sektördür. Ayrıca tekstil sektörünü oluşturan bölümlerde birbirini etkileyip ülkenin iç dinamiklerinde bir hareketlenmeye sebep olabilmektedir. Örneğin eğer tekstil elyafları ülkede yetişiyorsa tarım sektöründede bir hareketlenme olabilir.

2.3 Türkiye’de Tekstil Endüstrisinin Halihazırdaki Durumu

Türkiye’de de tekstil tarihsel gelişme sürecinde öncelikle ev ekonomisi şeklinde oluşan üretim birimleri daha sonra büyük ölçekli ünitelerin katılmasıyla yaygınlaşmıştır.

Tekstil endüstrisi Türkiye’de Cumhuriyet döneminden itibaren gelişme göstermiştir. 1977-1981 yılları arasında ihracatta en büyük payı ortalama %80,67 ile pamuk ve mamulleri grubu oluşturmuştur. 1980 yılında kapasite kullanım oranı %65 seviyesindeydi. 1980 yılında bazı ülkelerde yapılan tekstil ihracatı oranları tablo 2.1’deki gibidir.(1)

Tablo 2.1 Bazı Gelişmiş Ülkelerdeki Tekstil İhracatı Oranları.

ÜLKE	ORAN(%)
ABD	0,09
AET	1,22
Kanada	0,01
Finlandiya	0,01
İsveç	0,08
Avusturya	0,26
İsviçre	0,80

2.4 Üretim Ve Proses İşlemleri

Tekstil endüstrisinde yapılan işlemler çoğu zaman birbirinin aynısı olup bazen işlenen elyafa göre birtakım farklılıklar gösterirler.

Tekstil endüstrisini üretim kollarına göre aşağıdaki gibi altı kategoriye bölmek mümkündür.

- | | |
|--|------------|
| 1-Pamuklu sanayi | (Hammadde) |
| 2-Yünlü sanayi | (Hammadde) |
| 3-İpek, suni ve sentetik dokuma sanayi | (Hammadde) |
| 4-Örme sanayi | (Proses) |
| 5-Halı, kilim vb. eşya üretimi | (Ürün) |
| 6-Diğer tekstil eşyası üretimi | (Ürün) |

Pamuklu tekstili üç aşamada incelemek mümkündür bunlar ürünlerin terbiyesi, pamuk elyafı iplik yapımı ve dokuma hazırlıktır. İplik yapımı açma, temizleme, tarama, çekme, eğirme, bobinleme gibi işlemleri kapsar. Bunlar çoğunlukla mekanik kuru işlemlerdir. Dokuma hazırlık işlemleri bobin ve çile hazırlanması, çözgüler, tahar, haşılama ve dokuma işlemlerini kapsar, bu işlemler de kuru işlemlerdir. Terbiye işlemlerinde önemli su kullanımı vardır. Başlıca terbiye işlemleri haşıl sökme, yıkama, pişirme mercerizasyon, kasar, boyama ve apre işlemleridir.

Pamuklu tekstil ile aynı aşamalar bulunmasına rağmen yünlü tekstilde önemli bir fark yünün yıkanmasıdır. Yün yıkanır, taraklama vb. işlemlerden geçirilir, kamgarn veya strayhgarn iplik olarak sentetik madde katkıları da yapılarak bobinlere sarılır ve dokunur. Terbiye işlemleri arasında karbonizasyon, dinkleme, yıkama, boyama, apre işlemleri yapılır.

Sentetik tekstilde selülozik ve organik polimerlerin elyafları pamuk ve yünlülerle karıştırılarak veya ayrı olarak iplik hazırlama, haşıl sökme, boyama ve apre işlemlerinden geçer.

İpekli tekstilde iplik üretiminde ipek çekimi, liflerin terbiyesi, yıkama, ağartma boyama işlemleri bulunur.

Halı üretimi lateks ile taban kaplaması işlemini içerir.(1)

2.5 Tekstil Endüstrisinin Altkategorilere Ayrılması

Çevre mühendisliği açısından altkategorizasyonun amacı aynı kategori içinde olduğu halde ürünlerini farklı proses veya yöntemlerle üreten tesislerin atıksularında oluşacak değişiklikleri ortaya koyarak, atıksuların karakterizasyonunun, tesis içi kontrolünün, ve standartların geliştirilmesidir..

Tekstil endüstrisinin yapısı çok değişkendir. Bunu etkileyen en önemli faktör işlenen hammaddedir. Bunun yanında kullanılan kimyasal maddelerin, gerçekleştirilen işlemlerin ve her işlem için uygulanan teknolojilerin çeşitliliği ve su kullanımı da önemli faktörlerindendir.

Tekstil endüstrisinde alt kategorizasyon için gözönüne alınacak başlıca faktörler:

- 1-Üretim teknolojisi
- 2-Ürün cinsi
- 3-Hammaddeler
- 4-Su kullanımı
- 5-Atıksu özellikleri
- 6-Tesisin büyüklüğü
- 7-Tesisin yaşı, verimliliği
- 8-Personel durumu
- 9-Atıksu arıtma teknolojisi
- 10-Yatırım maliyetleri
- 11-Atıksu dışındaki diğer kirleticilerin durumu

Bu endüstride altkategorizasyon yapılırken kullanılan klasik metod, işlenen elyafın cinsine göre üretim tesislerini gruplamaktadır. Benzer tekstil ürünlerinin üretiminde kullanılan tekil üretim prosesleri ve her bir proseste ortaya çıkan atıklar inceleneceği zaman bu gruplandırma yaklaşımı yararlı olabilir. Ancak aynı endüstri grubunda birçok farklı ürün üretilmesi sonucu çıkan atıkların büyük farklılık göstermesi, bu şekilde bir kategorizasyonunun kullanılmasını zorlaştırmaktadır. (1,2) Diğer bir yaklaşım şekli ise altkategorizasyonunun imalat proseslerine, kullanılan hammaddelere, son ürünlere, su kullanımına ve atık karakteristiklerindeki benzerliklere dayandırılarak yapılmasıdır. Burada kullanılan altkategorizasyon kirlilik bazlıdır. Bu altkategoriler şöyle sıralanabilir:

- 1-Yapağı Yıkama Altkategorisi
- 2-Yünlü Kumaş Son İşlemler Altkategorisi
- 3-Az Su Kullanılan İşlemler Altkategorisi
- 4-Dokunmuş Kumaş Son İşlemler Altkategorisi
- 5-Örgü Kumaş Son İşlemler Altkategorisi
- 6-Halı Üretimi Son İşlemler Altkategorisi
- 7-Stok ve Elyaf Son İşlemler Altkategorisi
- 8-Dokusuz Yüzeyle Kumaş Üretimi Altkategorisi
- 9-Keçeleştirilmiş Kumaş Üretimi Altkategorisi
- 10-Koza İşleme ve Doğal İpek Üretimi Altkategorisi

Aşağıda bu altkategoriler kısaca özetlenmiştir:

-Yapağı yıkama altkategorisi

Bu altkategori,ham yün elyafı ve diğer hayvan kıllarının temizlendiği tesisleri kapsar. Yün elyafı ve hayvan kıllarının önemli ölçüde temizlemeyi gerektirmesinden dolayı,yapak yıkama tekstil endüstrisinin diğer kısımlarından ayrı bir özellik taşır.

-Yünlü kumaş son işlemler altkategorisi

Yün elyafı,diğer hayvansal kıl ve yün elyafı hayvansal kıl karışımı kumaşlara toplam üretimin en az %5'i oranında ağartma,yıkama,boyama,güve yemezlik vb. işlemlerden birisinin uygulanmasını kapsar.

-Az su kullanılan işlemler altkategorisi

Bu altkategori iplik yapımı,tekstürize iplik yapımı,dokuma,kumaş emprenyeleme,lastik kordu ve kord bezi emprenyeleme,halı tefting,halı tabanı gibi çeşitli kuru işlemleri kapsar. Bu altkategoride esas atık kaynağı işlemlerde kullanılan donanımın yıkanması ve temizlenmesidir.

-Dokunmuş kumaş son işlemler altkategorisi

Bu altkategori dokunmuş kumaşların satılabilir bir ürün haline gelebilmesi için bu kumaşlara uygulanan son işlemleri kapsamaktadır.Çoğunluğu dokunmuş kumaş terbiyesi olmakla birlikte kumaş dokuma ve iplik terbiyesi işlemleri de bulunan entegre tesisler bu altkategori kapsamına alınmıştır.

-Örgü kumaş son işlemler altkategorisi

Bu altkategori çoğunluğu örgü olan pamuklu ve sentetik kumaşlara üretimlerinin en az %5'i oranında yıkama, ağartma, boyama, basma, apre işlemlerinden birisinin uygulanmasını kapsar. Çoğunluğu örgü kumaş terbiyesi olmakla birlikte kumaş dokuma ve iplik terbiyesi işlemleri de bulunan entegre tesisler bu altkategori kapsamına alınmıştır. İşletmelerde bu altkategorideki işlemlerin uygulanmasındaki farklılık, bu altkategorinin de alt bölümlere ayrılmasını gerektirmektedir.

-Halı üretimi son işlemler altkategorisi

Bu altkategori tekstil esaslı halılara üretimlerinin en az %5'i oranında yıkama ağartma, boyama, basma ve apre işlemlerinden en birisinin uygulanmasını kapsar. Çoğunluğu halı terbiyesi olmakla birlikte, halı tafting, halı tabanı yapımı ve iplik boyama işlemleri de bulunan entegre tesisler bu altkategori kapsamına alınmıştır. Sadece halı tafting ve halı tabanı yapan işletmeler az su kullanılan işlemler kapsamındadır.

-Stok ve elyaf son işlemler altkategorisi

Pamuklu ve sentetik iplik ve elyaf üretimlerinin en az %5'i oranında yıkama, ağartma, merseze, boyama ve apre işlemlerinden birisinin uygulanmasını kapsar.

-Dokusuz yüzeyli kumaş üretimi altkategorisi

Yün, pamuk veya sentetik malzemenin yalnız ve karışım halinde mekanik termal ve yapıştırıcılarla birleştirilerek dokusuz yüzeyli ürünlerin üretimini kapsar.

-Keçeleştirilmiş kumaş üretimi altkategorisi

Bu altkategori dinkleme ve keçeleştirme işlemleri ile dokusuz ürünler imalini kapsamaktadır. Keçeleştirme işleminde yün,reyon ve yün-reyon-polyester karışımı kullanılan tipik elyaflardır.

-Koza işleme ve doğal ipek üretimi altkategorisi

Pişirme,ipek çekimi işlemleri ve ipek ipliği üretimini kapsamaktadır.

Tekstil sanayi altkategorileri yukarıdan farklı olarak Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır.

- 1-Açık elyaf,iplik üretimi ve terbiye
- 2-Dokunmuş kumaş
- 3-Pamuklu tekstil ve benzerleri
- 4-Yün yıkama,terbiye,dokuma ve benzerleri
- 5-Örgü kumaş terbiyesi ve benzerleri
- 6-Halı terbiyesi ve benzerleri
- 7-Sentetik tekstil terbiyesi ve benzerleri

2.6 Su Tüketimi Ve Atıksu Karakterizasyonu

2.6.1 Su tüketimi

Yıkama ve durulama işlemlerinde çok miktarda suya ihtiyaç duyulduğundan tekstil endüstrisindeki su tüketimi göreceli olarak fazladır.. Kullanılan su miktarı

yünlü,pamuklu sentetik sanayi gibi işlenilen elyaflara veya altkategorilere göre incelenebilir.

2.6.2 Atıksu miktarı ve karakterizasyonu

- Tekstil Endüstrisinde Ortaya Çıkan Atıksuların Miktarı

Atıksu miktarları büyük ölçüde ürüne,prosese,işletme koşullarına bağlıdır. Aynı altkategori içinde incelenen farklı işletmelerde kullanılan su miktarı dolayısıyla oluşan atıksu miktarı farklı prosesler ve kimyasal maddeler nedeniyle aynı olmamaktadır. Bu nedenle ortalama bir değerin verilmesi son derece zordur. Değerlendirmelerin sağlıklı olabilmesi için mutlaka ölçümlere dayandırılması gerekir. Aynı altkategori içinde herhangi bir prosesten kaynaklanan atıksu miktarı geniş bir aralıkla değişebilir. Örneğin; pamuklu dokuma altkategorisinin ağartma işleminden 30-120 m/ton,boyama işleminden ise 50-120 m/ton atıksu oluşmaktadır. Buna göre;atıksu miktarının uygulanan teknoloji ile değişim göstermesi dikkate alınmalıdır. Dolayısıyla belirtilen değerlerin kesin değerler olarak ele alınması,gerekli ölçümler yapılmadan doğrudan uygulamada kullanılması sağlıksız ve kesin olmayan sonuçlar elde edilmesine sebep olur.

-Tekstil Endüstrisinde Ortaya Çıkan Atıksuların Karakterizasyonu

Tekstil atıksuları genellikle boyamada kullanılan esas boyanın rengindedir. BOİ, KOİ,toplam çözünmüş madde,alkalinite ve sıcaklık değerleri yüksektir. Atıklar,kirlilik yoğunluğu ve hacim bakımından ekstrem değerler gösterir;ayrıca bazen toksik bileşikler de ihtiva edilebilir. Atıksuyun miktar ve kalite özelliklerini aşağıda sıralanan temel faktörler tayin etmektedir.

- 1-İşlenen elyafın cinsi
- 2-Tüm tekstil prosesini
- 3-Proseslerde kullanılan kimyasal maddeler
- 4-Tesis içi kontrollerin uygulanma derecesi

Yün endüstrisi atıksuları yüksek BOİ, yüksek katı madde konsantrasyonu ve yüksek yağ içeriği ile karakterize edilir. Pamuklu tekstil ürünlerinin terbiye

işlemlerinden ortaya çıkan atıklar,yağ içermemesi ve nispeten düşük katı madde konsantrasyonu ile yünlü tekstil atıksularından daha az kirleticilik özelliği gösterir.

Tekstil endüstrisinde atıksular miktar ve bileşim yönünden çok değişkendirler. Bu atıklar tekstil endüstrisinde kullanılan kimyasal maddelerden kaynaklanır. Tekstil proseslerinde kullanılan boyalar,krom ve türevleri,sülfürler atıkların bünyesinde bulunurlar. Tekstil endüstrisinde boyamada,ayrışmaya karşı çok dayanıklı boyaların kullanılması gerekmektedir. Sonuç olarak boya atıkları biyolojik ayrışmaya dayanıklı olurlar ve mikrokirletici rolü görebilirler.

Tekstil fabrikalarında kirlilik yaratan işlemlerden birisi haşıllamadır. Haşıl maddeleri çoğunlukla doğal nişastalar,modifiye selülozlar ve sentetiklerdir. Nişasta bileşikleri yerine karboksi metil selüloz yani sentetik haşıl maddelerinin kullanımı **BOİ'yi azaltır.** CMS ve diğer sentetik haşıl maddeleri 5 günde çok düşük BOİ verirler. Diğer kirlilik yükleri haşıl sökme,pişirme,ağartma,merserizasyon işlemi,baskı çalkalama,yeniden haşıllama ve bitirme işlemlerinden kaynaklanmaktadır.

Tekstil atıkları biyolojik ayrışabilir olmakla beraber bazen biyolojik proseslerde olumsuz durumlara neden olabilir.       atıksuda bazı toksik bileşikler (boyalardan gelen kromatlar,sülfürler ve hidrojen peroksit gibi) bulunabilir. Atıksu nutrient yönünden (azot ve fosfor) eksiklik gösterebilir. Azotlu atıksular,boyama işlemlerinden suya karışmaktadır. Bunlar arıtma ünitelerinde köpük problemi yaratırlar. Katyonik deterjanlar atıksularda alkali özellik gösterirler yani pH değeri yüksektir. Bu durumda biyolojik ayrışma öncesi pH ayarlaması yapılarak 6-9 arasına getirilmelidir.

2.6.2.1 Yapağı yıkama atıksu  zellikleri

Yapağı yıkama işlemleri ile kirler ve yağ emülsiyon hale geçer ve çoğunluk yağlı bir köpükle kaplı kahverengi,kumlu,bulanık bir atıksu meydana gelir. Atıksuda kirletici parametrelerden BOİ, KOİ, AKM, yağ ve gresin konsantrasyon ve miktarları yüksektir.

2.6.2.2 Yün terbiyesinden gelen atıksuların özellikleri

Yün terbiyesi atıksuları,büyük miktarda oluşu ve konvansiyonel kirletici parametrelerin düşük konsantrasyonda olması ile karakterize edilir. Bu kirleticilerin yük bazında miktarları ise oldukça yüksektir. Konvansiyonel olmayan kirleticilerde sülfür,renk ve toksik kirleticiler, fenol ve krom hem konsantrasyon, hem de yük bakımından yüksektir.

2.6.2.3 Az su kullanan prosesler ve atıksularının özellikleri

Az su kullanılan prosesler,dokuma veya yapıştırma ile ilgili tesisleri kapsadığından bu tesislerden çıkan atıksu miktarı çok düşüktür. Suyun büyük hacimde atıldığı yerler soğutma ve proses donanımının yıkanması veya temizlenmesidir.

2.6.2.4 Dokunmuş kumaş terbiyesinden gelen atıksuların özellikleri

Dokunmuş kumaş terbiyesi atıksuları,konvansiyonel kirletici parametreler için konsantrasyon ve kirletici yük bakımından oldukça geniş bir değer aralığı ile karakterize edilir.

2.6.2.5 Örgü kumaş terbiyesinden gelen atıksuların özellikleri

Örgü kumaş terbiyesi atıksuları,konvansiyonel kirletici parametreler için konsantrasyon ve yük miktarı bakımından oldukça geniş bir aralık göstererek dokunmuş kumaş terbiyesi atıksularına benzerler. Atıksular, dokunmuş kumaş son işlemlerindeki kadar konsantrasyon bakımından genellikle büyük değildir. Ayrıca,fabrikadan fabrikaya değişebilirlikde bir dereceye kadar daha azdır.

2.6.2.6 Halı terbiyesinden gelen atıksuların özellikleri

Halı terbiyesi atıksuları,su kullanımı diğer altkategorilere göre nispeten küçük olmasına karşılık genellikle büyük hacimdedir. Bunun nedeni halı üretiminin özel yapısı ve halının diğer tekstil ürünlerine nazaran daha ağır olmasıdır.

2.6.2.7 Açık elyaf ve iplik terbiyesinden gelen atıksuların özellikleri

Bu altkategoriden ortaya çıkan atıksu hacmi,diğer terbiye altkategorisinde çıkanlarla oldukça benzerdir . Oluşan atıklar diğerlerine göre seyreltiktir..

2.6.2.8 Keçelendirilmiş kumaş işlenmesi atıksu özellikleri

Bu proses ile yüksek hacimli ama genellikle seyreltik bir yapıda atıksu meydana gelir. Dinkleme ve boyamayı takiben durulamalar yapılyorsa su kullanımı ve kirletici miktarlarında artma gözlenebilir..

2.6.2.9 Koza işleme ve doğal ipek üretimi atıksu özellikleri

Kozanın pişirilmesi,boyama ve yıkamada bulunan atıksu özelliklerini rakamlarla ifade edebilecek yeterli veri bulunmamaktadır.

2.6.3 Kirletici parametrelerin belirlenmesi

Bu bölümde tekstil endüstrisinden kaynaklanan atıksuların kontrolü ve deşarj kalite limitlerine temel oluşturacak-kirletici parametreler incelenecektir.

2.6.3.1 Kirletici parametre seçim esasları

Tekstil endüstrisi atıksularının kontrolüne temel oluşturacak parametrelerin seçiminde şu faktörlere dikkat edilmesi gerekmektedir..

- 1-Kirletici parametrelerin kontrol açısından kaynağı belirlenmelidir.
- 2-Seçilen kirletici parametre o atıksu için karakteristik olmalıdır.
- 3-Kirletici parametrelerin çevreye etkisi ve zararları belirlenmiş olmalıdır.
- 4-Kirletici parametreler geliştirilmiş yöntemler ile artırılabilir.
- 5-Seçilen kirletici parametreler belirli bir duyarlılıkla ölçülebilmelidir.

2.6.3.2 Tekstil endüstrisi için kirletici parametrelerin seçimi

Tekstil endüstrisi, birbirinden farklı üretim yapan bu sebeple atıksu karakteristikleri çok farklı olan ve büyük sınırlar arasında değişen bir endüstri dalıdır. Buna göre seçilen kirletici parametreler; aşağıdaki gibi sıralanabilir.

BOİ, KOİ, AKM, Yağ ve Gres, PH, Toplam krom, Fenol, Sülfür, renk

2.6.4 Kirletici parametrelerin özellikleri ve etkileri

-Biyokimyasal oksijen ihtiyacı:

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı organik maddenin stabil hale gelmesi için gerekli oksijen miktarının ölçüsüdür. Alıcı ortamın oksijen kapasitesinin düşmesine sebep olmaktadır.

-Kimyasal oksijen ihtiyacı:

KOİ atıksu numunesinde bulunan organik maddelerin oksidasyonu için gereken oksijen eşdeğerinin bir ifadesidir. Organik maddenin oksidasyonu asidik şartlarda potasyumbikromat gibi kuvvetli bir yükseltgeyicinin ve bir katalizörün yardımıyla gerçekleşir. KOİ testinin en büyük avantajı analizin üç saatten kısa bir sürede gerçekleşmesidir. Dezavantajı ise biyolojik olarak bozunabilen ve bozunamayan organik maddeleri ayıramamasıdır.

-Askıda katı madde:

Askıda katı madde suda çözünmüş halde bulunmayan maddeleri kapsar. Askıda katı maddeler sularda dipte birikimlere ve bulanıklığa yol açar. Ayrıca balıkların solunum yollarını da tahriş ederler. Bazı hallerde öldürücü de olabilir.

-Yağ ve gres:

Yağ ve gres sınıfına giren serbest ve emülsiyon halinde bulunabilen çok çeşitli maddeleri içerir. Bu maddeler evsel veya petrol türevli olabilir. Yüzücü yağ ve gres su üstünde bir film oluşturur, oksijen ve ışık transferine etki eder. Emülsiyon

halindeki yağlar balıklara zehir etkisi yapar. Yağ ve gres dibe çökerse dipteki canlı hayatı olumsuz etkilenir.

-Sülfür:

Çözünmüş sülfür tuzları suyun PH'ını düşürürler, demir veya diğer metallerle reaksiyona girerek sarımsı bir çökeleşe, koku problemlerine sebep olurlar ve sudaki yaşama toksik (zehirli) etki ederler. Sülfürlü çözeltilerin balıklara olan toksisite etkisi PH değeri düştükçe artar.

-Fenolik bileşikler:

Fenolik bileşikler fenol ve benzenin hidroksi türevlerini taşıyan diğer bileşikleridir. Ayrıca düşük konsantrasyonda klor ile birlikte klorofenollerini oluşturarak koku ve tat problemi yaratırlar. Fenol ve fenollü bileşikler fauna floranın üzerine akut ve kronik zehirlilik etkisi gösterirler.

-Krom:

Krom doğada yaygın şekilde bulunan bir element olmasına karşın doğal sularda çok nadiren bulunur. Bulunan konsantrasyonlar da 1 mg/lit'nin altındadır. Krom su yaşamına zararlıdır. Krom tuzlarının zehirli etkisi sıcaklık, pH ve kromun değeri ile değişmektedir. Krom fotosentez üzerinde etkili ve ayrıca fitoplanktonlar ve su bitkilerine zararlıdır. Diğer su canlılarına da besin zincirinde birikim yoluyla ve doğrudan etkilidir.

-pH:

pH sudaki asitliğin ve bazikliğin bir ölçüsüdür. Düşük pH'a sahip sular korozyona neden olur. pH'ın 5-9,5 arasında öldürücü etkisi olmamasına karşı organizmaların üretkenliklerine etkilidir. Ayrıca ani pH değişimleri zararlı etkilere ve balık ölümlerine yol açabilir.(1,2)

Tablo 2.2'de tekstil endüstrisinde bulunan organik kirleticiler listelenmiştir.

Tablo 2.2. Tekstil Endüstrisi Atık Sularında Bulunabilen Organik Kirleticiler

PARAMETRE NO	PARAMETRE
1	Asenaften
3	Akrilonitril
4	Benzen
5	Benzidin
6	Karbontetraklorür
9	Hekzaklorbenzen
10	1.2-dikloretan
11	1.1.1-trikloretan
13	1.1-dikloretan
20	2-klornaftalen
21	2,4,6-triklorofenol
22	Paraklormetal krezol
23	Kloroform
25	1,2-diklorbenzen
27	1,4-diklorbenzen
29	1.1-dikloretilen
31	2,4-diklorofenol
32	1.2-dikloropropan
36	2.6-dinitrotoluen
37	1.2-difenilhidrazin
38	Etilbenzen
44	Metilenklorür
45	Metilklorür
51	Klordibromometan
55	Naftalen
64	Pentaklorfenol
65	Fenol
66	Bis(2-etilheksil)ftalat
67	Butil benzil ftalat
70	Dietil ftalat
71	Dimetil ftalat
78	Antrasen
80	Floren

2.6.5 Tekstil endüstrisi atıksularının arıtma teknolojileri

2.6.5.1 Genel arıtma yaklaşımları

a) Fiziksel arıtma: Eğer atıksu yüksek miktarlarda askıda katı madde, toksik bileşikler içeriyorsa veya yüksek derecede renk giderimine ihtiyaç duyuluyorsa fiziksel-kimyasal arıtmanın uygulanması faydalı olabilir. Kimyasal arıtma, arıtılacak

atıksuya kimyasal maddeler ilave edilerek yumakların oluşturulması ve bu flokların çöktürme,filtrasyon veya yüzdürme proseslerinden biri veya birkaçının kullanılması ile kirletici maddelerin sudan uzaklaştırılması prensibine dayanır. Kimyasal arıtmada kullanılacak yumaklaştırıcı tipi,dozajı,optimum pH aralığı her atıksu için değişir. Bu kriterlerin belirlenmesi için jar testi yapılmalıdır.

b)Biyolojik arıtma: Atıksu karakterine ve istenilen çıkış suyu kalitesine göre birçok biyolojik arıtma teknolojisi uygulanabilir. Biyolojik arıtılabilirlik genellikle tekstil atıksularının BOİ veya KOİ değerlerinin biyolojik ayrışma oranıyla değerlendirilir. Deneysel sonuçlar,çamur yaşı,hidrolik bekletme süresi,organik yükleme gibi bazı işletme parametreleri belirlenebilir. Damlatmalı filtrelerin tekstil endüstrisinde kullanılmamasının sebebi atıksularının biyolojik arıtılabilirliğinin çok farklı gruplarda olması yani homojen bir giderim hızının olmamasıdır. Nişasta,alkol gibi maddeler yüksek hızlı ayrışmaktadır. Deterjan,yüzey aktif maddeler ise orta hızlı ayrışmaktadır. Boya bileşimindeki kompleks maddeler ise yavaş hızla ayrışır. Böyle bir sistem için yüksek hızlı biyofilm sistemleri bile çok büyük olmaktadır. Bu sistemler çok fazla alan gerektirmekte ve ekonomik olmamaktadır. Tekstilde AKM birkaç yüz mg/lt olmasına rağmen bunlar evsel atıksularda olduğu gibi basit çöktürme ile gidermek mümkün değildir. O zaman biyofilm sistem öncesi kimyasal madde ilaveli bir ön çöktürme gerekmektedir. Bu da bu sistemlerin tasarımında göz önüne alınması gereken diğer önemli bir konudur. Tekstil endüstrisinde inert KOİ 200 mg/lt civarındadır. Bu hiç giderilemeyen inert KOİ genelde biyolojik sistem sonrası bir kimyasal arıtma ile giderilebilir. Uzun havalandırılmalı sistemlerin verimi konvansiyonel sistemlere göre daha fazladır ve genelde bu sistem tekstil endüstrisinde tercih edilmektedir. (1,2)

Konvansiyonel parametrelerin giderimi tekstil endüstrisinde teknolojik olarak çok iyi tanımlanmıştır. BOİ giderimi için biyolojik arıtma en uygun teknolojidir. Biyolojik arıtmada KOİ giderimi arıtılan suyun karakterine ve arıtma tesisinin işletme ve dizayn parametrelerine bağlı olarak değişir. Kimyasal arıtma biyolojik arıtmayı tamamlayıcı bir rol oynar. Organik maddeleri,zehirli maddeleri ya da herikiside dengelemek,fazla zehirliliği,biyolojik arıtmanın büyüklüğünün optimizasyonu için gidermek,ayrışabilen ve ayrışamayan organikler ve askıda katı

maddeler cinsinden çıkış suyu kalitesini iyileştirmek ve en çok da rengi gidermek üzere biyolojik arıtmadan önce ya da sonra uygulanabilir.

c)İleri arıtma: İleri arıtma biyolojik olarak ayrışamayan inert KOİ ve en önemlisi renk giderimi için kullanılır. Kimyasal çöktürme,ozonlama ve aktif karbon adsorpsiyonu en çok kullanılan ileri arıtma yöntemleridir. Renk giderimi amacıyla günümüzde kimyasal oksidasyonda kullanılmaktadır.

d)Çamur arıtımı: Oluşan çamur yoğunlaştırıldıktan sonra filtre pres veya belt filtrepreslerle susuzlaştırılabilir. Arıtma sistemlerindeki proseslerin tahmini kirletici giderme verimleri Tablo 2.1’de verilmiştir.

-Ön arıtma uygulamaları: Ön arıtma kavramı, atıksuların kanala veya bir birleşik arıtma tesisine verilmeden önce kirletici değerlerinin belirli standartlara düşürülmesi olarak tanımlanır.Ön arıtmada esas bir atıksuyun nihai arıtmaya giriş değerlerine kadar arıtılmasıdır. Bunun için birincil, ikincil, ve hatta üçüncül arıtma ile ileri arıtma teknikleri ve yöntemleri uygulanabilir. Fiziksel prosesler olarak en çok kullanılanlar dengeleme ve nötralizasyondur. Aynı hammaddeyi kullanarak aynı yöntemle üretim yapan proseslerde dahi bir ton ürün başına kullanılan su ve oluşan atıksu miktarları farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle ön arıtma için bu endüstride karakterizasyonun gösterdiği en uygun arıtma teknolojisi aynı zamanda ön arıtma gerksinimini de karşılamaktadır.

Proje debisinden farklı akımlar için atıksuyun günlük değişimlerinin dengelenmesi gerekir. Bunun için dengeleme havuzlarından faydalanılır. Dengeleme yapılmadığında,proje debisinden büyük akımlarda debi açısından arıtma tesisinde şok yükleme meydana gelir. Bu şok yükleme,arıtma verimini düşürdüğü gibi arıtma tesislerine de zarar verir. Bunlardan başka tekstil endüstrisinin sulu proseslerle çalışan hemen hemen bütün alt kategorilerden çıkan atıksular için ızgaradan geçirme işlemi uygulanır. Kum tutma,yağ tutma ve çökeltmede birer fiziksel metottur. Kimyasal metodlardan ön arıtma olarak en çok kullanılabilecek prosesler pıhtılaştırma ve kimyasal oksidasyondur. Biyolojik metodlardan ön arıtmada kullanılabilecek prosesleri aktif çamurun değişik modifikasyonları olabilir. Tablo

2.3 de arıtma sistemlerindeki proseslerin tahmini kirletici giderme verimleri verilmiştir.

Tablo 2.3 Arıtma Sistemlerindeki Proseslerin Yaklaşık Kirletici Giderme Verimleri

Arıtma prosesi	BOİ	KOİ	AKM	YAĞ-GRES	RENK
Ön arıtma					
Izgaradan geçirme	0-5	-	5-20	-	-
Dengeleme	0-20	-	-	-	-
Nötralizasyon	-	-	-	-	-
Kimyasal Pıhtılaştırma	20-60	20-60	30-90	80-95	0-70
Flotasyon	35-55	25-45	55-65	90-98	-
Biyolojik arıtma					
Konvansiyonel aktif çamur ve çöktürme	60-90	45-80	85-95	0-15	-
Uzatmalı havalandırma ve çöktürme	70-94	50-70	85-95	0-15	-
Havalandırma lagün ve çöktürme	60-90	45-60	85-95	0-10	-
Aerobik lagün	50-80	35-60	50-80	0-10	-
Damlatmalı filtre	40-60	20-30	-	-	-
Üçüncü kademe arıtma					
Kimyasal pıhtılaştırma	20-60	20-60	30-90	90-97	0-70
Karışık ortamli filtrasyon	25-40	25-40	80	-	-
Karbon adsorpsiyonu	25-40	25-60	25-40	-	80-90
Klorlama	0-5	0-5	-	0-5	0-5
Ozonlama	-	30-40	50-70	-	70-80
İleri arıtma					
Sprey sulama	90-95	80-90	95-98	-	-
Evaporasyon	98-99	95-98	99	-	-
Ters osmoz	95-99	90-95	95-98	-	-

Tablo 2.4'de arıtma teknolojileri ve arıtma verimleri verilmiştir.

Tablo 2.4 Tekstil Atıksuları Arıtma Sistemleri Tahmini Giderme Verimleri

Kirletici BOİ	Yapak Yıkama ve Yün Son İşlemleri Giderme Verimi
1. Çöktürme 2. Damlatmalı Filtreler 3. Aktif Çamur 4. Oksidasyon Havuzları 5. Kimyasal Koagülasyon 6. Havalandırmalı lagünler	25-55 75-90 70-95 30-50 20-80 35-55
Yağ ve Gres 1. Yağ geri kazanımı Acid craking Santrifluj Buharlaştırma 2. Çöktürme 3. Yüzdürme 4. Kireç+CaCl koagülasyon	40-50 24-45 95 80-90 95-98 97
AKM 1. Yağ geri kazanımı 2. Çöktürme 3. Yüzdürme 4. Kimyasal koagülasyon 5. Aktif çamur 6. Damlatmalı filtre 7. Havalandırmalı lagünler Renk 1. Filtrasyon+Karbon adsorpsiyonu	0-50 50-65 50-65 80-95 90-95 90-95 30-70 98-100

2.7 Örnek Endüstrinin İncelenmesi

2.7.1 Yünlü tekstil endüstrisinin genel özellikleri

Yünlü tekstil endüstrisinde yün elyafının hazır kumaş haline getirinceye kadar geçirdiği aşamalar üç ana başlık altında toplanır.(3)

1-İplik üretimi

2-Dokuma hazırlık ve dokuma

3-Terbiye prosesleri

Genel olarak baktığımızda,yünlü tekstil endüstrisindeki başlıca atıksu kaynakları şunlardır:

-Yapağı yıkama

-Dinkleme ve yıkama

-Karbonizasyon ve yıkama

-Ağartma

-Boyama

Dinklemeden sonra yapılan yıkama,toplam BOİ'nin yaklaşık 1/5-1/3'ü kadarını verir. Karbonizasyon da ise asit banyolarının arada bir boşaltılması ve durulama esnasında asidik nitelikli atıksular meydana gelir. Toplam tesis BOİ' sinin %1'den azı bu proste ortaya çıkar. Ağartma prosesinden de hemen hemen karbonizasyondaki oranda BOİ oluşur. Boyamada kullanılan kimyasal maddelerin büyük çoğunluğu toksik madde içerir. Toplam tesis BOİ' sinin %6-9 kadarı boyamadan kaynaklanmaktadır. Yıkamadan ise yine BOİ,askıda maddeler,yağ,yüzey aktif maddeler,solventler ve yüksek PH ortaya çıkmaktadır. Yünlü tekstilin en önemli özelliği yıkama prosesidir. Yün terbiyesi atık suları için genel atık su karakteri tablo 2.5'te verilmiştir.(3)

Tablo 2.5 Yün Terbiyesi Atıksuları İçin Atıksu Özellikleri

	Konsantrasyon bazında	Yük bazında(kg/1000kg)
Debi (m ³ /gün)	100-2000	-
BOİ mg/lt	50-900	30-160
KOİ mg/lt	250-2800	110-525
AKM mg/lt	40-300	15-105
Sülfür mg/lt	1100-6000	Veri yetersiz
Yağ ve gres mg/lt	Yeterli bilgi yok	Yeterli bilgi yok
Fenol mg/lt	90-160	Yeterli bilgi yok

2.7.2 Yün terbiye atıksularının en uygun arıtma teknolojileri

Yün terbiye fabrikaları, üretilen ürün birim ağırlığında en yüksek su kullanımına sahip işletmeler olarak karakterize edilebilir. Kullanılan özel boyalar, atıklara krom karışmasına yol açabilir. Polyester karışımlarının boyanması, fenollerin kullanılmasını gerektirir. BOİ'nin çoğu dinklemeden sonraki yıkama ve boyama işlemlerinden kaynaklanır. Bu alt kategoride en uygun arıtma teknolojisi:

- Izgaradan geçirme
- Dengeleme
- Nötralizasyon
- Biyolojik arıtma
- Kimyasal arıtma

Yün terbiyesi atıksularının ızgaradan geçirilmesinin amacı biyolojik olarak ayrışması zor bir madde(selüloz) oluşturarak biyolojik arıtmayı inhibe eden elyafı gidermektir. Bu nedenle elyaf boyutunda ızgara kullanılır. Debi dengelemek için tekstil endüstrisinde tambur ızgaralar tercih edilmektedir. Dengeleme şok yükleri ve debiyi dengelemek için teşkil edilir. Dengelemeden sonra nötralizasyon olmalıdır çünkü tekstil endüstrisinde sular nötr olmaz, ya asidik ya da alkalidir. Ayrıca atıksuyun biyolojik olarak arıtılabilmesi için pH değerinin 6,5-8,5 arasında olması gerekmektedir. Bunun için nötralizasyon havuzunda pH ayarlaması yapılmalıdır. Amaç çevre sularının korunması ise biyolojik arıtmadan sonra kimyasal çöktürme uygulanması yaygın olarak uygulanmaktadır.(3)

2.8 İncelenen Tesis Hakkında Genel Bilgi

İncelenen sektörün adı: Yünlü kumaş ve konfeksiyon

İşletmenin adı: Altınyıldız mensucat ve konfeksiyon A.Ş

İşletme sorumlusunun ünvanı: Arıtma ve geri kazanma tesisi sorumlusu

İşletme sorumlusunun adı: Tuncay Aktepe

İşletmenin kapladığı alan:

Toplam alan: 125000 m²

Açık alan: 20000 m²

Kapalı alan: 85500 m²

Yeşil alan: 40000 m²

İşletmenin telefonu: 02125523200 (35 hat)

İşletmenin faksı: 02125523241

Adresi: Yenibosna Köyüaltı Mevki / Yenibosna-İstanbul

Özgeçmiş

1952 yılında Haliç köprüsünün altındaki defterdarlıkta kuruldu. O zamanki kapasitesi 1000000 m/yıl' dı. 1974'de üzerinden köprü geçmesi ve yeraltısuyu kaynağının tükenmesi nedeniyle şu andaki yeri olan Yenibosna Köyaltı mevkiine taşınmıştır. Kapasitesi 1952-1974 yılları arasında 4000000 m/yıl'a ulaştı. Bugün bu kapasite yaklaşık 10 milyon m/yıl'dır. Fabrikanın kurucuları ve sahipleri Boyner ailesidir. Bir aile şirketi olan Altınyıldız Fabrikasının hiçbir yabancı ortağı bulunmamaktadır. Altınyıldız Fabrikası 1993 yılında halka açılmış ve %15 sermayesi borsada işlem görmektedir.

Fabrikanın işleyiş prosesi

Fabrika günde 3 vardiya kesintisiz çalışmaktadır.

1.vardiya 07:30-15:30

2.vardiya 15:30-23:30

3.vardiya 23:30-07:30

Mevsimsel değişiklik yoktur. Haftada 6 iş günü,yılda 300 iş günü çalışılmaktadır. Fabrika bu kadar yoğun çalışmasına rağmen ürün stoğu yapılmamaktadır. Üretilen mal en kısa sürede sipariş veren firmaya nakledilmektedir.

Fabrikada stok yapılan maddeler:

- 1- İplik (3-4 aylık stok)
- 2-Hammadde (temiz yapak ve polyester) (1 aylık stok)
- 3- Kimyevi maddeler (1 aylık stok)

Kapasite

Senelik üretim 10 milyon m'dir. Tüm kapasite kullanılmaktadır. 1995-1997'nin başında kapasite arttırılmıştır. 2 yıllık hedef içinde bu sayı 12 milyon m'dir.

Fabrikanın kalite standartları

Fabrika ISO 9001 belgesini alarak sistemin kalitesinin yeterliğini göstermiştir. Ayrıca ISO 14000 belgesini de almayı başarmıştır.

Hammaddeler

Kumaş için 2 adet hammadde vardır. Bunlar temiz yapak ve polyesterdir.

Polyester

Sa Sa , Sifas gibi yerli üreticilerden alınabildiği gibi Avrupa ve Japonya'dan da alınabilir.

Yapak

Altınyıldız Fabrikasının kullandığı yapak Merinos koyununun yünüdür. Yapak fabrikaya yıkanmış olarak gelmektedir.

2.8.1 Üretilen maddelerin çeşitleri

Altınyıldız Fabrikasında kadın-erkek dış giyim kumaşları üretilir. Bu kumaşların %97'si 1.kalite,%3'ü ise 2.kalite olarak üretilir.

Üretilen mamüller dört grup altında toplanabilir.

1-Yün kumaş:%100 y nd r. Yılda 4000000 m üretilir. Maliyeti çok pahalı olmasından dolayı oldukça yüksek fiyata satılır. Bu yüzden kumaş belli bir kesime hitap eder.

2-Y n-polyester kumaş: %50 y n-%50 polyester içerir. Yılda 3,5 milyon m üretilir. Y n kumaşa göre daha ucuz olmasından dolayı halk arasında daha kolay alıcı bulur.

3-Fantezi kumaş: Fabrika fantezi iplik üretmediğinden ipliğı dışardan alır. Yılda yaklaşık 1000000 m üretilir.

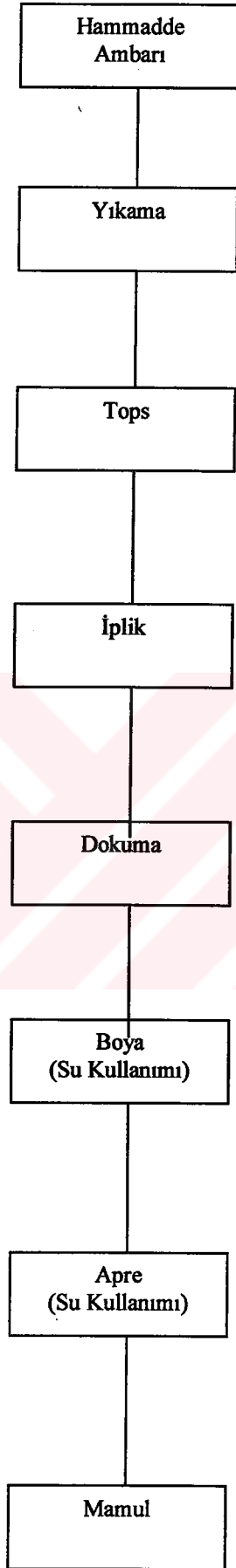
4-Konfeksiyon: Fabrika kumaşı direkt sattığı gibi işleyerek de satmaktadır. Konfeksiyon  r nleri yılda yaklaşık 1,5 milyon adet kadar üretilmektedir.

Altınyıldız Fabrikası başta da belirtildiğı gibi asıl olarak dış piyasayı  nemsemiğı için fiyatların oldukça yüksek olması ve halka hitap edememek yurt içi piyasada fabrikaya olan talebi azaltmaktadır. Ancak üretilen mala olan talep yurt içinde de gün geçtikçe artmaktadır.

2.8.2 Tesiste  retim düzeni

Üretim şeması

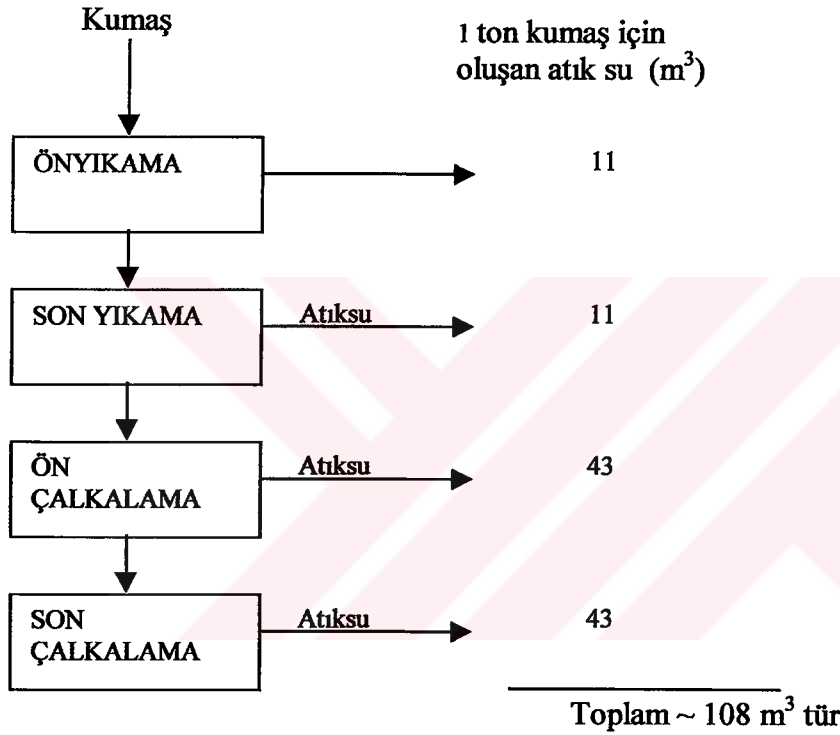
Y nl  tekstil mamullerinde uygulanan terbiye proseslerini  n terbiye,fiksaj işlemleri ve apre-ikmal şeklinde   e ayırmak mümkündür. Yapaktan tekstil yüzeylerine kadar çeşitli y nl  mamullerin  n terbiyesinde en önemli işlem yıkamadır. Yıkamanın yanında ağıartma ve karbonizasyon da y n  n terbiyesine girmektedir. Altınyıldız tekstil endüstrisi üretim akış şeması şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1 Altinyıldız tekstil endüstrisi üretim akış şeması

Yıkama ve çalkalama

Yapak ve yünlü mamullerin içerdikleri yabancı maddeler ve harman yağlarının giderilmesi için, üretim esnasında en az iki veya üç kere yıkanmaları gerekmektedir. Altınyıldız fabrikasında tekstil yüzeyi kumaştır bu nedenle kumaş yıkanması yapılmaktadır. Yıkama ve çalkalama işlemi akım şeması ile işlemlerden kaynaklanan atıksu miktarları şekil 2.2’de verilmiştir.

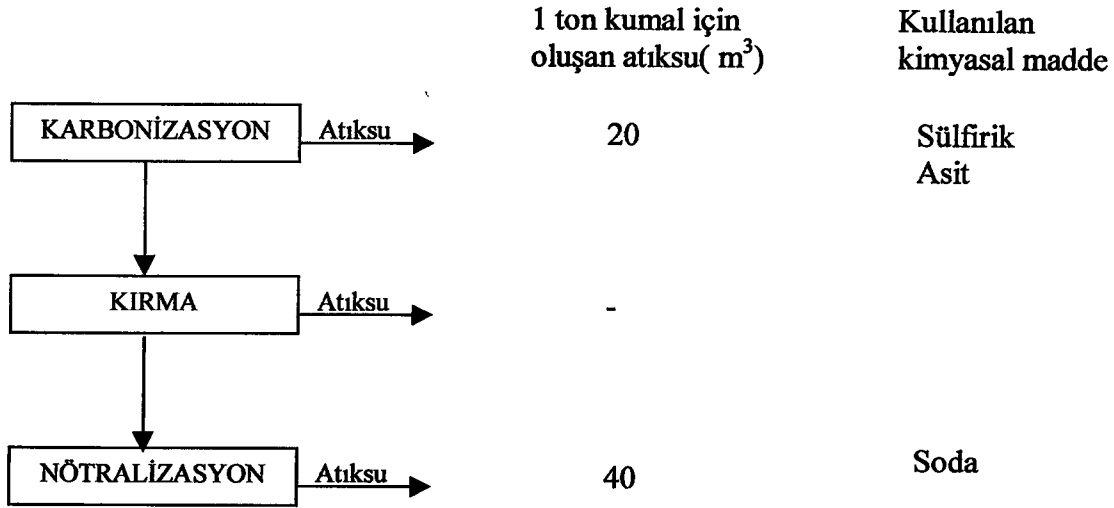


Şekil 2.2 Yıkama ve Çalkalama İşlemi Akım Şeması

-Karbonizasyon

Kirli yün liflerinde ağırlıklarının %5-40'ı kadar bulunan bitkisel artıkların yıkama ve diğer işlemler sırasında giderilemeyen kısmının uzaklaştırılması için yapılan kimyasal işleme karbonizasyon(karbonizasyon) denir. Harcanan atıksu miktarı Şekil 2.32’de gösterilmiştir.

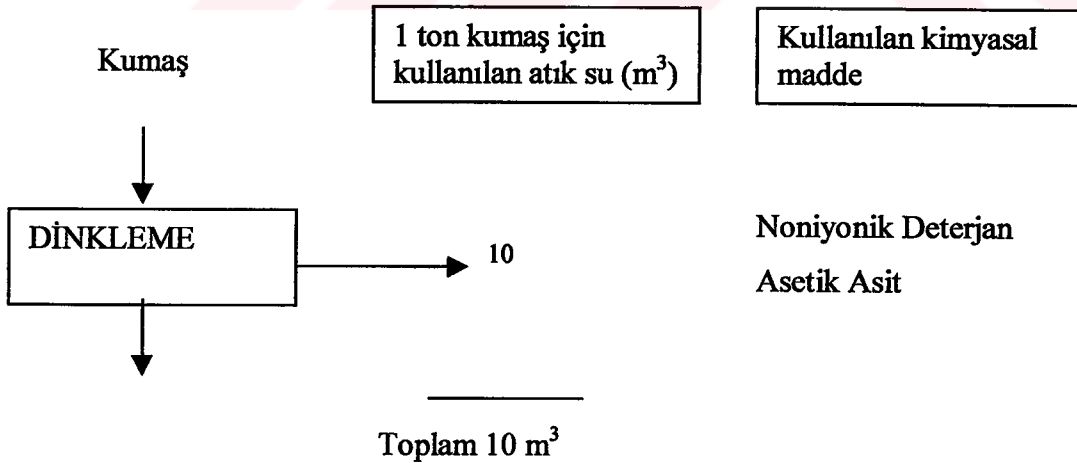
Karbonizasyon işleminde oluşan günlük atıksu miktarı 561 m³tür.



Şekil 2.3 Karbonizasyon İşlemi Akım Şeması

-Dinkleme

Dinklemenin esası,yün liflerinin keçeleşme özelliğinden faydalanarak kumaşın görünüm ve tutumunun değiştirilmesidir. Kumaşın istenen ene,kalınlığa,tutuma ve görünüme getirilmesi işlemdir. Kullanılan atıksu miktarı Şekil 2.4’de gösterilmiştir.

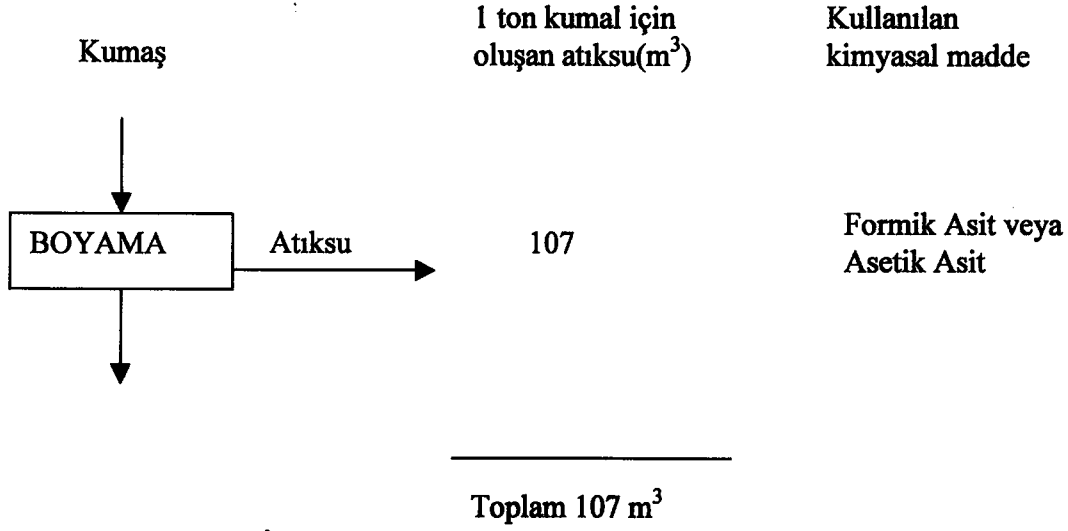


Şekil 2.4 Dinkleme İşlemi Akım Şeması

-Boyama

Yün ve yünlü mamullerin boyanması üç şekildedir: Elyaf,iplik veya kumaş halinde boyama. Yünlü mamul boyamada en çok kullanılan boya türlerine bakıldığında

başlıca asit,metalik ve mordant boyalar olduğu görülmektedir. Kullanılan atıksu miktarı Şekil 2.5’te verilmiştir.



Şekil 2.5 Boyama İşlemi Akım Şeması

2.9 Proses Profili

Tablo 2.6’da birim ortalama hacimler ve 1 ton ürün için elde edilen günlük su sarfiyatına göre proses profili gösterilmiştir

Tablo 2.6 Mevcut Proses Profili

KAYNAK-LAR	Su Kullanımı		Atıksu Oluşumu	
	Ortalama (m/gün)	Ortalama m/ton kumaş	Ortalama m/gün	Ortalama m/gün kumaş
Yıkama	200	21	200	21
Çalkalama	800	86	800	86
Karbonize	561	60	561	60
Dinkleme	94	10	94	10
Boyama	1000	107	1000	107
Toplam	2655	284	2655	284

2.10 Kilenme Profili

Tablo 2.7 ve 2.8’de konsantrasyon ve ürün bazında sırası ile mevcut ve gelecekteki kirlenme profili verilmiştir.

Tablo 2.7 Mevcut Kirlenme Profili

PROSES	Üretim	Atıksu		KOİ			BOİ ₅		
	T kumaş/gün	m ³ /gün	m ³ /gün	mg/lt	kg/t kumaş	kg/gün	mg/lt	kg/t kumaş	kg/gün
Yıkama	9,35	21	200	2000	42	400	500	11	100
Çalkalama	9,35	86	800	125	11	100	50	4	40
Karbonize	9,35	60	561	500	30	281	100	6	56
Dinkleme	9,35	10	94	400	4	37	250	3	23
Boyama	9,35	107	1000	1500	161	1500	400	43	400
TOPLAM	9,35	284	2655	871	247	2318	233	66	619

PROSES	AKM			SÜLFÜR		
	mg/lt	Kg/t kumaş	kg/gün	mg/lt	kg/t kumaş	kg/gün
Yıkama	500	11	100	-	-	-
Çalkalama	50	4	40	-	-	-
Karbonize	150	9	84	-	-	-
Dinkleme	900	9	84	-	-	-
Boyama	85	9	85	2	0,2	2
TOPLAM	148	42	393	2	0,2	2

Tablo 2.8 Gelecekteki Kirlenme Profili

	Üretim	Atıksu		KOİ			BOİ ₅		
PROSES	T kumaş/gün	m/t kumaş	m ³ /gün	mg/lt	kg/t kumaş	kg/gün	mg/lt	kg/t kumaş	kg/gün
Yıkama	11	21	231	2000	42	462	500	11	116
Çalkalama	11	86	946	125	11	118	50	4	47
Karbonize	11	60	660	500	30	330	100	6	66
Dinkleme	11	10	110	400	4	44	250	3	28
Boyama	11	107	1177	1500	161	1766	400	43	471
TOPLAM	11	284	3124	871	247	2720	233	66	727

	AKM			SÜLFÜR		
PROSES	mg/lt	kg/t kumaş	kg/gün	mg/lt	kg/t kumaş	kg/gün
Yıkama	500	11	116	-	-	-
Çalkalama	50	4	47	-	-	-
Karbonize	150	9	99	-	-	-
Dinkleme	900	9	99	-	-	-
Boyama	85	9	100	2	0,2	2
TOPLAM	148	42	461	2	0,2	2

2.10.1 Tesisin atıksu kaynak ve özellikleri

Tesisin boya kısmından gelen atıksuyun KOİ'si ortalama 2000 mg/lt'dir. Aprede kullanılan suyun %40'ı çok kirli (800-1000 mg/lt KOİ), %60'ı ise daha temizdir. (100-150 mg/lt KOİ) Apre atıksularının %60'ı geri kazanılmaktadır. (3). Ayrıca tesiste günde 200-300 m³ civarında evsel atıksu da oluşmakta ve boya atıksuları ile birleştirilerek arıtılmaktadır. Böylece boya atıksularının seyrelmesi de sağlanmaktadır.

Tesiste tehlikeli atık oluşumu olmadığı belirtilmiştir.

Katı atık olarak elyaf parçacıkları ortaya çıkmakta ve bunlar da ızgara filtrede yumaklaştırılıp topaklaştırılarak tutulmaktadır.

YIKAMA
PH

Yağ-gres,yüzey aktif maddeler,solventler,yüksek

KARBONİZASYON+
DİNKLEME

Yüzey aktif maddeler,BOİ,KOİ,AKM,düşük PH

BOYAMA

KOİ,BOİ,AKM,toksik maddeler

2.10.2 Tesisin atıksu karakterizasyonu

İncelenen tesiste BOİ,KOİ,AKM ve sülfür dışındaki kirletici parametreler çok düşük konsantrasyonlarda bulunduğundan karakterizasyon BOİ,KOİ,AKM ve sülfür parametrelerine dayandırılmıştır. Tablo 2.9'da atıksu karakterizasyonu gösterilmiştir.

Tablo 2.9 Atıksu Karakterizasyonu Ortalama Değerler

Atıksu kaynağı	KOİ	BOİ	AKM	SÜLFÜR
Yıkama	2000	500	500	-
Çalkalama	125	50	50	-
Karbonize	500	100	150	-
Dinkleme	400	250	900	-
Boyama	1500	400	85	2

*Zaman bazında ortalama sülfür değerini göstermektedir.

Tablo 2.10'da Altınıyıldız arıtma giriş değerleri ile ISKI'nin Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliğindeki değerlerin karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo 2.10 Parametrelerin İSKİ Değerleriyle Karşılaştırılması

PARAMETRELER	ISKİ	Altinyıldız Arıtma Girişi
KOI	800	871
AKM	350	148
TN	40	28
P	10	0,5
YAĞ-GRES	100	18
Arsenik(As)	10	Yok
Antimon(Sb)	3	Yok
Kalay(Sn)	5	1
Bor(B)	3	0,4
Kadmiyum(Cd)	2	0,2
Toplam krom(Cr)	5	0,5
Bakır(Cu)	5	0,5
Kurşun(Pb)	3	0,5
Nikel(Ni)	5	0,5
Çinko(Zn)	10	0,5
Civa(Hg)	0,2	0,2
Gümüş(Ag)	5	0,4
Toplam siyanür(CN)	10	0,1
Fenol	10	0,5
Toplam sülfür	2	2
Sülfat	1700	270
pH	6-10	7

2.11.Altinyıldız Atıksu Arıtma Ve Geri Kazanma Tesisi

Arıtma,Altinyıldız fabrikasındaki bu tesiste en modern şekilde yapılmaktadır. Arıtma için İSKİ atıksuların kanalizasyona deşarj yönetmeliği,geri kazanım için tekstil endüstrisinin apre işleminde kullanılacak su kalitesi yönetmelikleri uygulanır.

Arıtma tesisine 3 kaynaktan su gelir:

- 1- Boyahaneden gelen atıksu: Arıtma tesisine yaklaşık günde 1000 m olarak gelir ve kimyasal arıtma yöntemi ile arıtılır.
- 2- Apreden gelen atıksu: Arıtma tesisine günde 1200-1500 m arası gelir ve geri kazanma yöntemiyle arıtılır.
- 3- Evsel atıksular: Banyo ve tuvaletler ile yemekhaneden gelen sulardır. Boyahane atıksuları ile birlikte arıtılırlar.

2.11.1 Geri kazanma tesisi

Apri dairesinden gelen atıksular:

Bölgede yer altı su kaynaklarının azalması ile 1990 yılında atıksuyun yeniden kullanımı maksadı ile apri prosesinden gelen atıksular ayrı kanallarla toplanmış ve ayrı bir arıtma stratejisi uygulanmıştır.

-Ön arıtma: Ön arıtma üç aşamadan oluşur. Birinci aşamada su, ızgara ve elekten geçirilir. İkinci aşamada kum tutma işlemi uygulanır. Üçüncü aşamada ise yağ tutulur.

-Dengeleme tankı: 100 m hacimli tanklarda sular dengelenir. Bu tanklarda suyun bekletme süresi ihtiyaca göre 10-20 gün arasında değişir. Dengeleme havuzunda yüzey karıştırıcılarla karıştırılan suyun tanklara gelmesinin nedeni:

- *Suya oksijen kazandırmak
- *Sudan karbondioksiti gidermek veya kazandırmak
- *Sudan hidrojen sülfürü gidermek
- *Sudan metanı gidermek
- *Sudan uçucu yağları ve kimyasalları gidermek
- *Suların dezenfeksiyonunu sağlamak

-Hızlı karıştırıcılar ve yumaklaştırıcılar: Kimyasal maddelerin su ile homojen olarak karıştırılması için hızlı karışım odaları kullanılır. Hiçbir alkali kimyasal kullanılmadan alüminyum sülfat ile muamele edilerek pH 6,5-7 aralığında çalıştırılır ve yavaş karıştırıcıya geçerken polielektrolit verilir. Polielektrolit verilmesi flokların kolay yumaklaşarak çökmesini sağlar.

-Çöktürme havuzu

-Hızlı kum filtreleri

-Yavaş kum filtresi

-Aktif karbon kolonu

-Geri kazanma suyu deposunun hacmi

Apren atıksuları 25 m³ lük bir şarjda 19 m³ (%76) su geri kazanılmaktadır. Günlük miktarlar nazara alınırsa bir günde oluşan toplam 1000 m³ suyun 750-800 m³'ü geri kazanılmakta,bunun 600 m³ 'ü apren prosesinde yeniden kullanılmakta,geriye kalan 150-200 m³ su ise yer yıkaması ve tuvalet temizliği gibi maksatlar için kullanılmaktadır.Geri kazanma tesisinin arıtma verimi: $100 - \frac{40}{100} = \%60$ (3).

2.11.2 Arıtma tesisi

Boyahaneden gelen atıksular

Boyahaneden gelen atıksular evsel atıksularla birleştirilerek,apreden gelen atıksular gibi bir ön arıtmaya tabi olurlar.

-Dengeleme havuzu: Buradaki dengeleme havuzu apreninkinden biraz farklıdır.

Dengeleme kımı 3 kademededen oluşur:

1-Mamül hazırlama ve dozlama ünitesi

2-Laboratuar,kumanda ve kontrol panoları kademesi

3-Apren sularının arıtılmasında kullanılan dengeleme havuzu kademesi

-Hızlı karıştırma ve yumaklaştırma

-Çöktürme havuzu

-Apren ve boyadan gelen çamurlar birleştirilerek çamur pompaları ile çamur yoğunlaştırıcıya giderler. Çamur çökeltme havuzunda 5 saat beklenir. Çamur yoğunlaştırıcıda 2-3 saat bekletilir. Yoğun çamur filtre prestan geçtikten sonra katı atıklarla birlikte belediye çöplüğüne atılırlar.

Atıksu arıtma tesisi verimi: $800 - \frac{200}{800} = \%75$

2.11.3 Atıkların azaltılması ve geri kazanma

a) Atıksu hacminin azaltılması:

Tesis içi kontrolünde ilk yapılacak işlemlerden biri, atıksu hacminin azaltılmasıdır. Bu uygulamanın başlıca avantajları su tüketim masraflarının azaltılması ve çıkış sularının konsantre edilerek daha küçük hacme getirilmesidir. Su tüketimindeki azaltmayı başarmak için en yaygın olarak kullanılan iki yöntem zıt akım prosesi ve su geri kullanım teknikleridir.

Zıt akımla çalışmada su mamülün hareketine ters yönde proses içinde akar. Bu uygulama, pamuğun ağartılmasını takiben yapılan durulamalar ve yün işlenmesindeki yıkama dizisi gibi sürekli akım prensibine göre çalışan işlemlerde kullanılabilir.

Mamül kumaşlar prosesin işlemine varıncaya kadar çok az miktarlarda da olsa tabii kirleticiler ve proses kimyasal maddelerinden ihtiva edecektir. Bu az miktardaki yabancı maddeleri gidermek için taze su kullanılır. Az miktarlarda kirlilik içeren bu sular daha sonra daha büyük miktarlarda atık madde içeren mamülü durulamak için önceki üniteye gönderilir ve orada kullanılır. Suyun prosesin ilk ünitesinde kullanılmasına kadar geri devrettirme işlemine devam edilir. Bundan sonra su deşarj edilir.

Yıkama prosesi içerisinde su tasarrufu ile ilgili alınabilecek önlemler:

- Mümkün olduğu kadar iyi değil, yeterli derecede iyi yapmak
- Yardımcı madde ve sıcaklıktan optimal şekilde faydalanmak

b) Proses kimyasal maddelerin azaltılması:

Tekstil atıklarının kirlenme yükünün %90'dan fazlasının kimyasal maddelerden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Bu yüzden tekstil proseslerinde kullanılan

kimyasal madde miktarlarının azaltılması ile daha düşük kirletme yükleri meydana gelecektir. Diğer bir yararı ise, üretim masraflarının azaltılmış olmasıdır.

c) Proses kimyasal maddelerinin geri kazanılması ve kullanılması:

Azaltılmış kirlenme yükleri ve üretim masrafındaki tasarrufların yanısıra ayrıca işlem bitirildiği zaman proses kimyasal maddeleri atılmaları yerine geri kazanmak ve kullanmak suretiyle değerlendirilebilirler.

d) Kimyasal maddelerin değiştirilmesi:

Kimyasal maddelerin değiştirilmesinin sebepleri:

- Kullanılan arıtma sisteminde kimyasal maddenin daha kolay bir şekilde giderilmesini sağlamak
- Geri kazanma donanımında kimyasal maddenin daha kolay geri kazanılmasını sağlamak
- Toksik kimyasal maddelerin arıtma sistemine veya çevreye zarar verme ihtimalini veya verebileceği etkileri azaltmak
- Aşırı derecede kirletici bir parametreyi müsaade edilen değerlere indirmek

3. OZON İLE OKSİDASYON

3.1. Ozon İle Oksidasyon

Ozonlama işlemi oldukça reaktif bir gaz olan ozon gazı ile yapılmaktadır.. Taşınması veya depolanması çok zor olduğu ve üretiminden sonra çok çabuk olarak dekompozisyona uğradığı (oksijeni ayrıldığı) için ozon gazı kullanım yerinde üretilmelidir. (4,5,6,7,8)

Ozon oksijenin üç atomlu allotropudur. Kendine has bir kokusu ve mavimsi bir rengi vardır. Bazen “aktif” veya “atomik” oksijen olarak adlandırılır. Ozon gazının termodinamik özellikleri tablo3.1’de verilmektedir. (8,9)

Tablo3.1 Ozonun Termodinamik Özellikleri

Moleküler ağırlık	48 g
Normal atm. Basınçta kaynama noktası	$(-119^{+0.3})^{\circ}\text{C}$
Kritik sıcaklık	$(-12.1^{+0.1})^{\circ}\text{C}$
Kritik basınç	$55.30 \times 10^5 \text{Pa}$
-298 °K’de molekül oluşma entalpisi ($1.013 \times 10^5 \text{Pa}$)	$(34220^{+240}) \text{kal}$
Havayla ilgili reaktif yoğunluk	1.657
Normal şartlar altında yoğunluk($0^{\circ}\text{C}, 1.013 \times 10^5 \text{Pa}$)	2.143 kg.Nm^{-3}

Ozonlama teknolojisi ile ilgili ilk endüstriyel çalışma Pasteur Enstitüsünde Dr.Loir ve Dr.Fernbach tarafından 1898’de gerçekleştirilmiştir. Dünyadaki ilk ozonlama ile su arıtım tesisi ise 1904’de Bon Voyage’de kurulmuştur.

Ozon gazının kullanımı zamanla artmış ve bazı Batı Avrupa ülkelerine yayılmıştır. Günümüzde Avrupa da 1000’in üzerinde, dezenfeksiyon veya atıksu arıtımı amacıyla ozonlama ünitesi bulunmaktadır. Ozonun su ve atıksularda kullanım amaçları ise Tablo 3.2 ‘de verilmektedir. (5,7,10)

Ozon A.B.D ’de pek yaygın olarak kullanılan bir dezenfektan olmamasına rağmen Avrupa’da kabul görmesinin bir sonucu olarak, EPA ozonlamanın potansiyel kullanımının incelenmesi için araştırmalar başlatmıştır. Bu laboratuvar araştırmalarında ve pilot tesis projelerinde ozon kimyasal oksidant olarak kullanılmıştır. (11,12,13)

Tablo 3.2 Ozonun Su ve Atıksularda Kullanım Amaçları

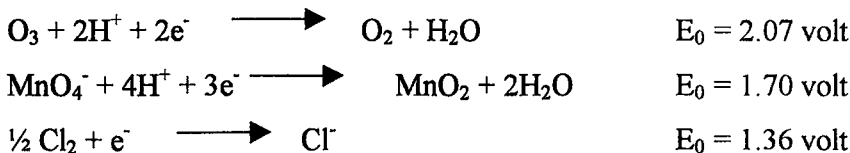
İçme Suyu	• Tad, koku ve renk giderimi • Bakteri ve virüs giderimi • Organik madde oksidasyonu • Mikrokirleticilerin oksidasyonu • Demir ve Mangan oksidasyonu • GAC vb. ile arıtmadan önce biyolojik parçalanabilirliğin artırılması
Endüstriyel Atıksu	• Tüm oksidasyon tipleri • Detoksifikasyon • Deodorizasyon • Biyolojik arıtmadan önce
Evsel Kaynaklı Atıksular	• Arıtılmış suyun dezenfeksiyonu • Deodorizasyon • Tesislerde alg kontrolü

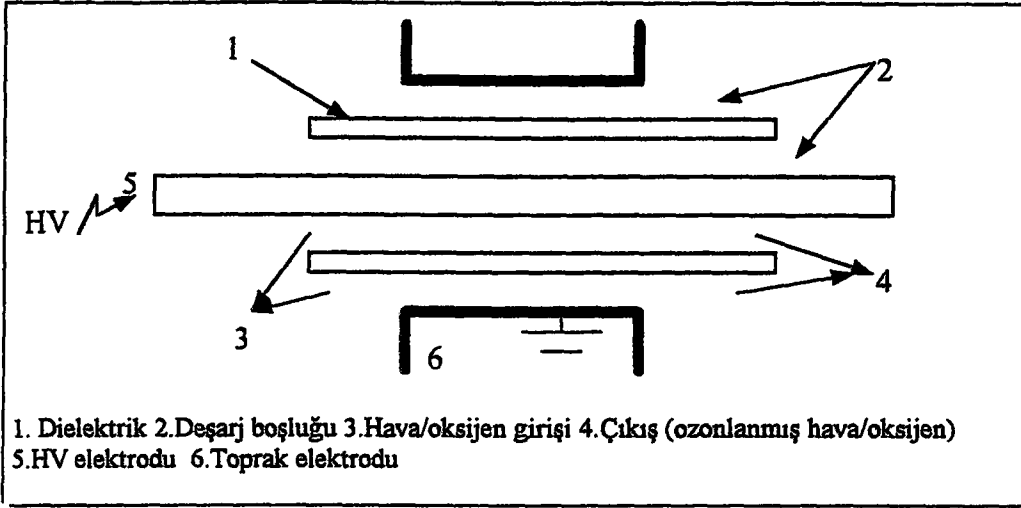
İki tane dar yerleştirilmiş elektrot arasına yüksek voltaj uygulandığı zaman ozon saf oksijenden veya havadan üretilmektedir. Bu şekilde, yeterli enerji deşarjı bazı oksijen moleküllerini ozon moleküllerine çevirir. 3 atomlu ozon molekülü, oldukça kararsızdır ve moleküllerinden birini hemen çıkarır. Modern ozon jeneratörleri her bir modülü elektrik tellerinden bağımsız ve ön panelden kontrol edilen dizayna sahiptir. Modüler dizayn, ön panelde basma düğmesiyle ve daima sabit bir konsantrasyonun muhafaza edilmesiyle ve aktif veya deaktif modül(ler) vasıtasıyla operatör ozon üretimini azaltmak veya artırmak avantajına sahiptir. Kuru ve temiz bir hava jeneratöre girdiği zaman maksimum ozon üretimi olmaktadır. Nemli veya kirli hava yalnız ozon üretimi ve konsantrasyonunu azaltmakla kalmaz, elektrotlar üzerinde birikim yapar ve bu da hasara sebep olur. Başarılı bir arıtma ozon eşiği yeterli ölçüde sağlandığı zaman (ozon eşiği kısa bir süreye ulaştığı zaman) gerçekleşir. Üretilen %1 ila %3 lük ozon/hava ve %3 ila %5 lik ozon/oksijen karışımları, sulu faza yeterli transferin sağlanması için suya verilir. (4,5,6,8,10)

Ozon jeneratöründe O₃ gazı üretimi Şekil 3.1 ' de, ozonlama sisteminde oksijen çevrimiyle ozon üretimi şekil 3.2 ' de verilmektedir. (5)

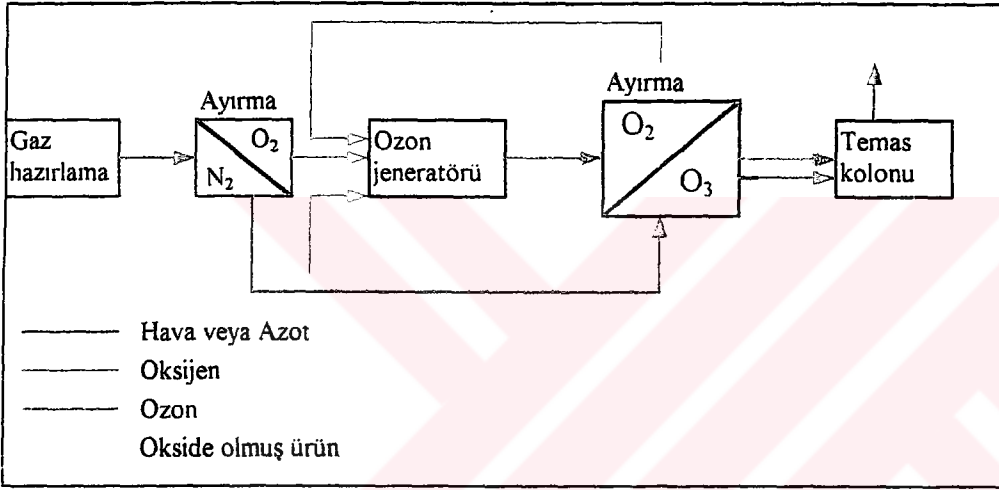
Ozonlama ile arıtımın hedefi bir gaz aracından bir sıvı-faz ortamına bir gaz-sıvı ara kademesini geçerek transfer edilmesidir. Burada ozonlama absorpsiyonunda öngörülen kademeler incelendiğinde; gaz-sıvı ara fazı geçilir, çözünmüş gaz (ozon) sıvının yüzeyini geçer, sonra sıvı içinde çözünür ve daha sonra sıvıyla yayılır. Gaz ve sıvı fazlar arasında ki transfer hızı; a) gaz ve sıvı fazların fiziksel özelliklerine, b) ara fazı geçen konsantrasyonda ki farka, c) türbülansın derecesine bağlıdır. Buna ait görünüm şekil 3.3 ' de verilmektedir.

Ozon aşağıdaki redoks reaksiyonlarıyla gösterildiği gibi güçlü bir oksidasyon vasıtasıdır.



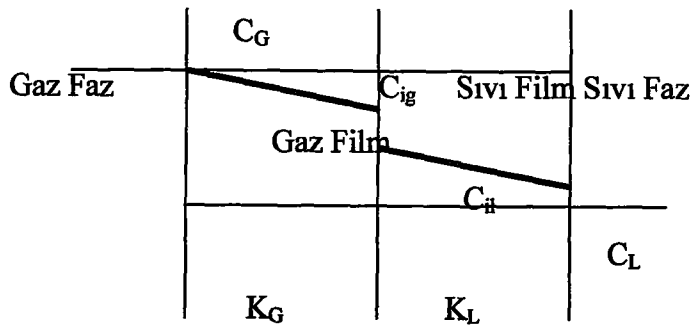


Şekil 3.1 Ozon Jeneratöründe O_3 Gazı Üretimi



Şekil 3.2 Oksijen Çevrimiyle Ozon Üretimi

Su ve atıksu arıtımında kullanılan çeşitli oksidantların oksidasyon potansiyelleri tablo 3.3 ' de verilmektedir.



Şekil 3.3 Ozon Gazının Sıvı Ortama Transferi

Tablo 3.3 Su ve Atıksu Arıtımında Çeşitli Oksidantların Oksidasyon Potansiyelleri

Tür	Oksidasyon potansiyelleri(V)
Hidroksil Serbest Radikali	2.80
Ozon (O ₃)	2.07
Hidrojen Peroksit (H ₂ O ₂)	1.76
Permanganat İyonu(MnO ₄ ⁻)	1.68
Hipoklorik Asit (HOCl)	1.49
Klor (Cl ₂)	1.36
Hipobromik Asit (HOBr)	1.33
Brom (Br ₂)	1.07
Hipoiyodik Asit (HOI)	0.99
Klordioksit (ClO ₂)	0.95
İyot (I ₂)	0.54
Oksijen (O ₂)	0.40

3.2 Ozonlama Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları

3.2.1 Avantajları :

- İçindeki kirletici konsantrasyonları az olan ve okside olabilen maddeleri içeren atıksular için ozonlama uygundur. Böyle seyreltik suların solvent ekstraksiyonu veya çökelme gibi giderim prosesleriyle arıtılması güçtür.
- Ozonlama sisteminin ilk yatırım maliyeti yüksek olmasına rağmen işletme masrafları yüksek değildir. Yalnızca ozon üretimi için gerekli enerji maliyetini içerir.
- Ozon üretimi için gerekli enerji fazladır, fakat bu diğer arıtım yöntemlerinden fazla değildir.
- Ozon , su arıtımında kullanılan diğer kimyasal maddelere göre yüksek reaktiviteye ve oksitleme gücüne sahiptir.
- Ozonun tekstil atıksularının arıtımında da etkili olduğu görülmüştür.
- Ozonun dezenfektan özelliği diğer dezenfektanlara göre çok daha iyidir.
- Ozonlama ile çoğu organik ve inorganik kirleticiler suda zararsız bileşiklere ve maddelere ayrıştırılır. Bu zararsız madde ve bileşikler, daha sonra çöktürme,

filtrasyon ve biyolojik prosesler gibi konvansiyonel metodlarla kolayca ayrıştırılabilir.

- Klorlama sonucu ortaya çıkan çeşitli klorlu hidrokarbonlar, klor aminler ve klorofenoller gibi toksik maddeler ve rahatsız edici reaksiyon ürünleri oluşmaz.
- Ozonla oksidasyon sonucunda çamur üretilmez.

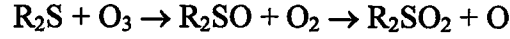
3.2.2 Dezavantajları

- İçme suyu dezenfeksiyonunda ozon kullanılması ozonun su içinde hızlı bir şekilde bozunmasından dolayı olumsuz etki yaratabilmektedir. Kanal sisteminde oluşabilecek sızmalar bir tehlike yaratabilir. Bunun için ozonlamadan sonra son klorlama işlemi gerekmektedir.
- Ozonlama prosesinin. tek başına kullanılması ekonomik olmamaktadır. Ancak kompleks atıksu arıtma tesislerinde bir arıtma ünitesi olarak kullanılabilir.
- Ozonlama prosesinin verimi su kalitesine bağlıdır. Yüksek konsantrasyonlarda organik maddelerin olduğu bir ortamda verim önemli ölçüde azalır, ozon tüketimi artabilir. Çünkü ozonun okside etme etkileri seçici değildir ve ozonun büyük bir kısmı hedef dışı bileşiklere gider.
- Alkali bir ortam ozonlama prosesinin verimini artırır.
- Ozon kararsız bir gaz olduğundan, taşınamaz ve depolanamaz. Bu nedenle yerinde üretilmesi gerekir.
- Ozonlama prosesinin ilk yatırım maliyeti yüksektir. (14)

3.3 Kimyasal Oksidant Olarak Ozon

Kimyasal oksidant olarak ozon reaksiyonları en az ikili farklı mekanizma içermektedir. Mekanizmanın ilki, siklo ilavesi veya elektrofilik reaksiyonla moleküler ozonun direkt saldırısı, diğeryse ozonun parçalanmasıyla oluşan serbest radikallerle (öncelikle OH⁻ radikali) indirekt saldırısıdır.

Üçüncül aminler, fosfinler, arsinler, sülfidler ve sülfoksitli ozon reaksiyonları, aşağıda dialkil sülfid oksidasyonu için gösterilen elektrofilik atakların örnekleridir.

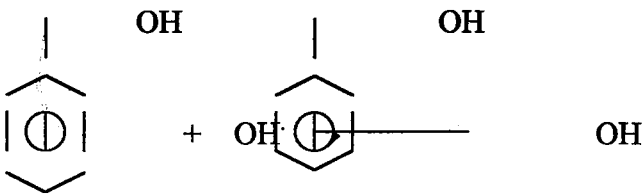


Ozonla başlamış reaksiyonların örnekleri, ozon ve aldehitler, ketonlar, alkoller, esterler ve doymuş hidrokarbon gruplarından oluşan okside edici reaksiyonlardır.

Ozonlama işleminde, ozon kararsız bir gaz olduğundan, hemen bozunarak daha etkin bir oksidant olan $OH^\cdot$ radikalleri ortaya çıkmakta ve organik veya inorganik maddelerle reaksiyona girmektedir. $OH^\cdot$ radikalleri ozon gazına göre daha kuvvetli, daha kararlı bir oksidanttır. $OH^\cdot$ radikali su ortamında ki organik veya inorganik her maddeyle reaksiyona girmektedir. Yüksek pH'da ve yüksek sıcaklıkta $OH^\cdot$ radikalleri daha iyi ortaya çıkmaktadır (13,14). Gürol ve Bremen ozonun parçalanmasını aşağıda olduğu gibi göstermektedir.

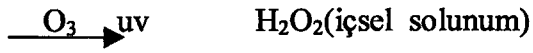
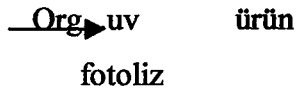
Ozonun parçalanmasıyla oluşan $OH^\cdot$ radikalleriyle kimyasalların oksidasyonu aşağıdaki üç adımdan biriyle meydana gelmektedir.

- Hidrojen abstraksiyonu, örneğin, $CH_3CH_2OH + OH^\cdot \rightarrow CH_3CHOH + H_2O$
- Elektron transferi, örneğin, $CO_3^{2-} + OH^\cdot \rightarrow CO_3^{\cdot-} + OH^-$
- Radikal ilavesi, örneğin,

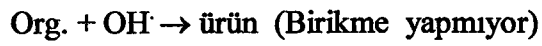
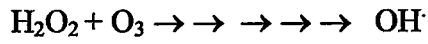


Bunun dışında $OH^\cdot$ radikallerinin çıkması için başka yöntemlerde bulunmakta ve yurt dışında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

- Ozon ve u.v. radyasyonu

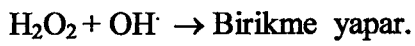


Zincir reaksiyon



- Ozon ve H_2O_2

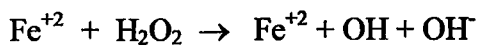
zincir reaksiyon



Bu reaksiyonlarda H_2O_2 'nin miktarı önemlidir. H_2O_2 az konulursa O_3 ile az OH oluşturur, çok konulursa var olan H_2O_2 ile reaksiyona girer.

- H_2O_2 ve uv

- Fe^{+2} ve H_2O_2

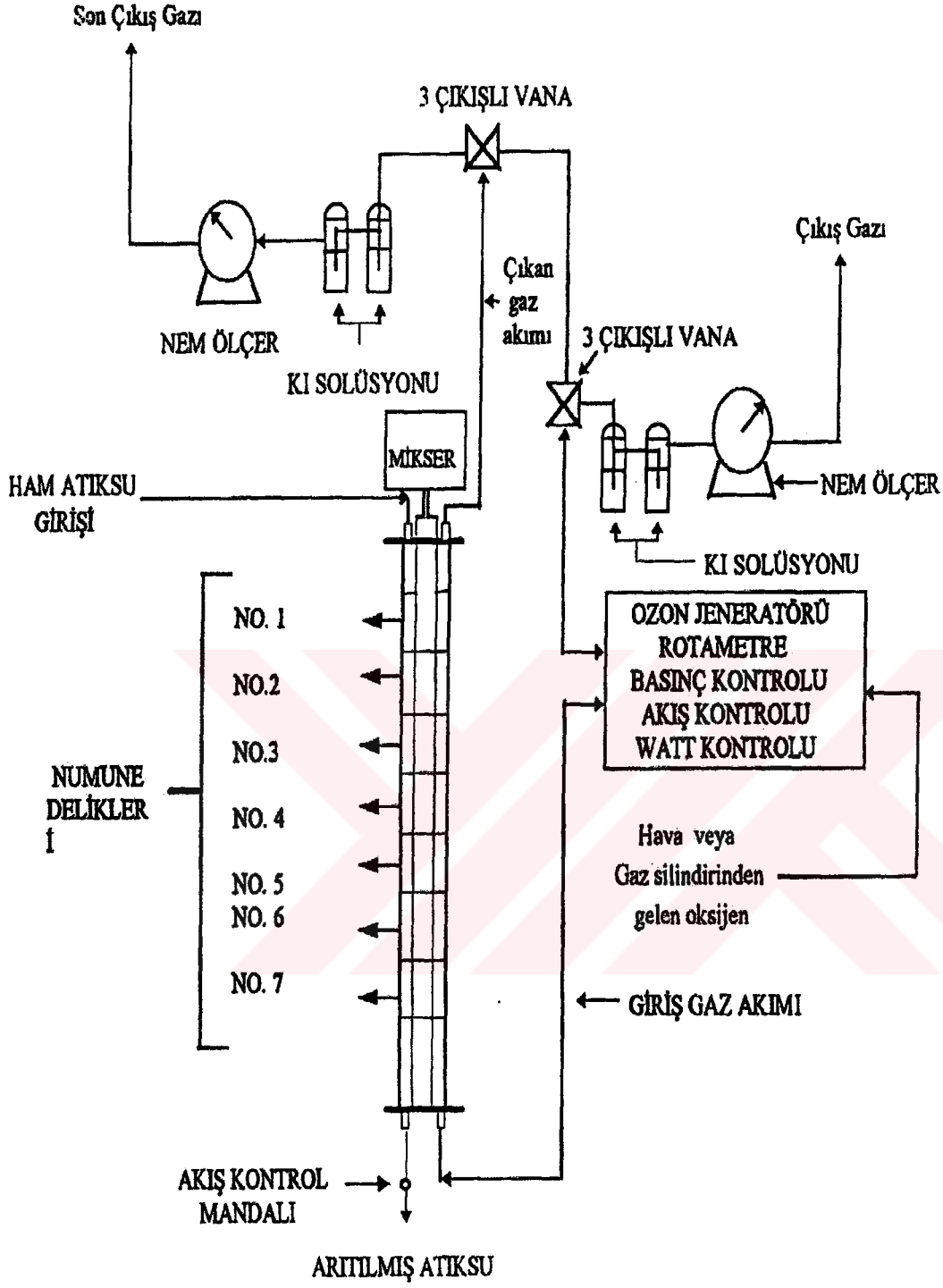


Ozonlama ile atıksu arıtımı aşağıdakileri içeren pek çok durumdan etkilenmektedir. (15)

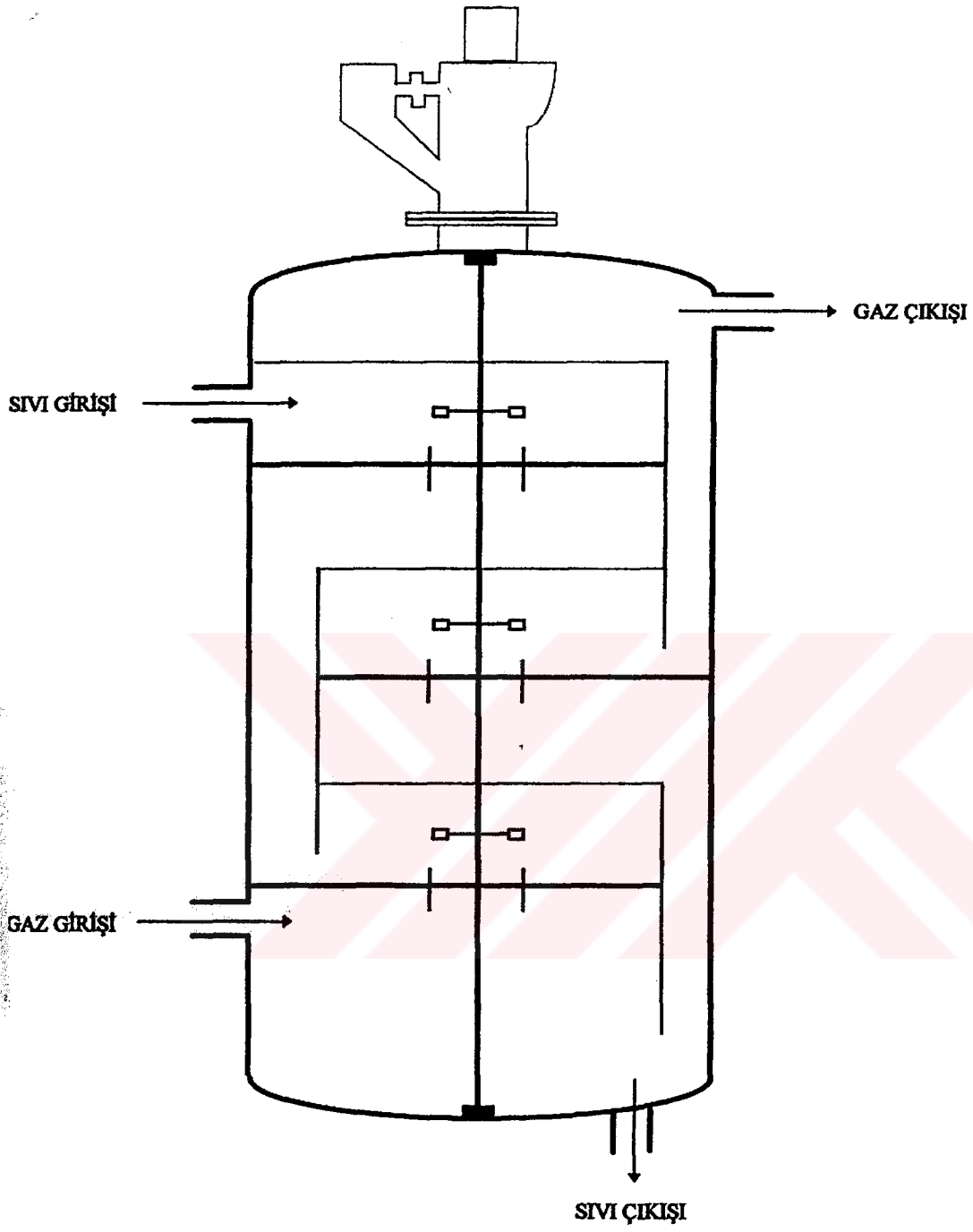
1. Atıksu karakterizasyonu ozonlama prosesinin ekonomikliğini ve uygunluğunu tespit eden temel faktördür.
2. Atıksu pH' ı ve sıcaklığı, ozon reaktivitesinin etkinliğini kontrol edecektir. Ozon asidik ortamda belki de hidroksit iyonları sayesinde ozondan oluşan katalitik dekompozisyonundan dolayı daha stabildir. Bununla birlikte pH, ozonla belirli bileşiklerin reaktivitesini etkileyebilir. Sıcaklık, Ozonun çözünebilirliğini ve stabilitesini etkiler yani atıksu sıcaklığının artması ozon stabilitesinin artması ile sonuçlanır.
3. Atıksuyun karakteri , istenilen kimyasal oksidasyon seviyesi ve ozon atıksu kontaktörünün verimi spesifik atıksu için ozon temas süresini yani ozon dozunu belirler.
4. Atıksuyun ozonla temas mekanizması ekonominin, ozonizasyonun derecesinin ve ulaşılacak istenen standardın bir fonksiyonudur..

3.4 Ozonlama İçin Gerekli Ekipmanlar

Ozonlama kesikli ve sürekli olmak üzere iki şekilde yapılabilir. Kesikli ve sürekli ozonlama için ihtiyaç duyulan ekipman ve bunların aparatları şekil 3.4 ve 3.5 'de gösterilmiştir. Ozon şekil 3.6'da görüldüğü gibi laboratuvar ölçekli bir ozonizatör yardımıyla da üretilir. Kesikli ve sürekli deneysel çalışmalar için ihtiyaç duyulan elemanlar alt başlıklar halinde sıralanmıştır.



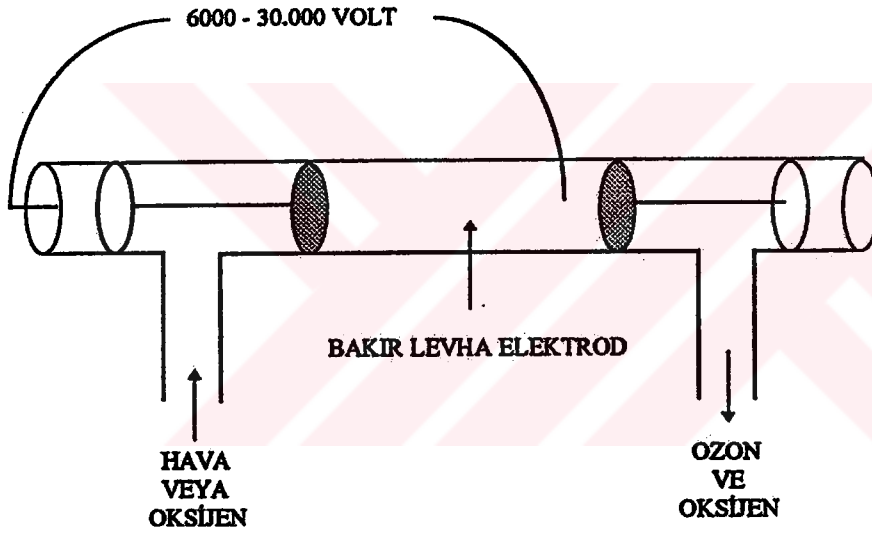
Şekil 3.4 Şematik Ozonlama Diyagramı



Şekil 3.5 Ozon - Atıksu Kontaktörünün Çalışma Düzenegi

3.4.1 Genel ekipmanlar

1. 4 adet, atıksuyla temas öncesi ve sonrası ozon konsantrasyonunun ölçülmesinde kullanılan analitik solüsyon için 1 litrelik su-hava geçirmez konteyner,
2. 2 adet, atıksuyla temas öncesi ve sonrası ozon gazının akımını ölçmek için standart nem ölçer,
3. 2 adet, gaz akım hızının ayarlanması ve kontrolü için rotametre,
4. 1 adet, üzerinde vana ve basınç regülatörleri bulunan oksijen silindiri,
5. Gerekli miktarda boru düzeneği ve cam eşyalar.



Şekil 3.6 Laboratuvar Ozonizatörü

3.4.1.1 Kesikli reaktör

1. 1 adet, 3 litrelik cam reaktör,
2. 1 adet, cam difüzör,
3. 1 adet, reaktörden örnek almak için 2 çıkışlı vana.

3.4.1.2 Sürekli akış reaktörü

1. 1 adet, 200 cm uzunluğunda ve 8 cm çapında cam kolon (kolonun üstünden atıksu ve altından ozon girişi ile ters akım şeklinde işletilir).
2. 1 adet cam difüzör.

3.5 DeneySEL Prosedürler

Sudaki Ozon Gazı Tespiti İçin Analitik Metod :

Düşük konsantrasyonlarda, sudaki ozonun ölçümünde en sık kullanılan metod, aşağıda yapısı verilen asidik solüsyon içindeki potasyum iyodür oksidasyonu ile olanıdır.



Araştırmacılar nötr ve alkali şartlarda stokiometrik olmayan iyot oluşumunu içeren bu metotta ciddi sorunlarla karşılaşmışlardır. Diğer bir çalışma da, asidik solüsyonda yüksek iyot oluştuğunu ortaya koymuştur. Tablo 3.4 'de sudaki oksidant tespiti için yapılan analitik metodların bir özeti gösterilmiştir.

Tablo 3.4 Ozon Ölçümünde Kullanılan Analitik Yöntemler

Analitik metod	Oksidasyon metodu	Engeller ve sınırlamalar
Potasyum iyodür, alkali, asit ve nötr şartlar	$2 KI \rightarrow I_2$	Oksijen içeren bir çok oksidantlar engeller
Demir iyonu oksidasyonu	$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$	Sonuçlar düşük
Mangan oksidasyonu ve ortodilidin	$Mn^{2+} \rightarrow Mn^{3+}$	
Görünür bölge spektrofotografisi	260 mμ de molar absorblama kapasitesi 2500-3000	1 cm hücre için koruma limiti $10^{-3} M$
Löko kristal viyole	Redoks indikatörü löko kristal indikatörü	En yeni teknik
KI oksidasyonu kullanılan enstrümantel metodlar	$2 KI \rightarrow I_2$	Üsteki KI ile aynı

Ozon ölçümü için en yeni teknik, hala araştırmaları devam eden löko kristal viyole testidir. Bu test, asidik solüsyonda 592 nm dalga boyunda, löko kristal viyole oksidasyonunun kolorimetrik ölçümünü içermektedir. Renk çok stabildir ve 44 gün boyunca gözlemlenmiştir. (16,17,18)

a) Kesikli Sistem İçin Prosedürler :

Atıksuyun ozonlanmasında kullanılan kesikli sistem prosedürünün amacı aşağıda verilen üç bölümden oluşur :

- Ozonizatörden çıkan ozon ve oksijen gazında ki ozon konsantrasyonunun ölçülmesi,
- Belirli miktarda ki atıksuyun, gerekli miktarda ki gaz ile temasından sonra, çıkan gazda ki arta kalan ozonun gözlemlenmesi,
- Atıksuda ki KOİ, deterjan, fenol ve renk gibi kirleticileri okside ederek azalmasını sağlayan ozon dozajının tespitidir.

Farklı temas süresi ve ozon yüklemeleri, pH ve sıcaklık gibi çeşitli işletme parametreleri ile kontrol edilebilir. Kesikli sistem deney prosedürü aşağıda ki gibidir :

1. Oksijen silindirinin ozonizatör ile bağlantısının yapılması,
2. Kesikli ozon reaktörünün 20 gr/l konsantrasyonunda 1 l potasyum iyodür solüsyonu ile doldurulması
3. Kontaktörün KOİ, BOİ yada fenol gibi kirletici bileşenler için analizi yapılmış 3 l atıksu ile doldurulması
4. İlk rotametre ile istenen akım hızı için ozonizatör gaz akımının ayarlanması (bu periyod boyunca havaya gaz akımı sağlanmalı)
5. İlk musluğu kullanarak, reaktörün içinden gaz akımının ayrılması ve indikatör olarak nem ölçer kullanılarak 3 l' lik gazın geçirilmesi
6. Aktif maddenin içinden tam 3 l geçtiği zaman gaz akımının atık örneğinden geçecek şekilde ayarlanması

7. 5 dakikadan 5 saate kadar istenen temas süresinde atık örneğinin ozonlanması ve ikinci reaktörden gaz akımının geçirilmesi
8. Temas süresinin sonunda, reaktöre giden gaz akımının ilk musluk ile kesilmesi ve 0.1 N standart $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ solüsyonu ile titrasyon için birinci ve ikinci aktif (KI) madde solüsyonlarının alınması. Oksidasyon testi boyunca sistemin içinden geçen toplam gaz akımını elde etmek için ikinci nem ölçerde ki değerleri kaydedilmesi için atık örneğindeki KOI veya diğer bileşenlerin ölçülmesi
9. Uygulanan ozon miktarını ve temas süresini değiştirerek ikiden sekize kadar olan aşamaların tekrar edilmesi. Ozon miktarı, ozonizatör üzerinde yüksek voltaj kullanılarak gaz içinde ki ozon konsantrasyonunun artırılmasıyla ya da yüksek gaz akım hızı kullanılmasıyla elde edilebilir.

Kesikli sistem testleri, değişik uygulama şartlarında temas süresinin ve ozon yükleme etkilerinin denenmesine imkan sağlar fakat kesikli sistem testlerinin sonuçları asla son sistemi dizayn etmek için kullanılmaz.

b) Sürekli Akış Prosedürleri :

Kesikli sistem testlerinin sonuçlanmasından sonra sürekli akış reaktörü ters akım altında optimum şartların tespit edilmesi için kullanılabilir. Sürekli akış kolonu, kesikli sistem için şekil 3.4 ' de gösterilen sistemle-reaktör haricinde-aynıdır. Yaklaşık olarak 90-120 cm derinliğinde, 7.5-15cm çapında küçük sürekli akış reaktörü kullanmak mümkündür. Bu tip bir reaktör optimum dizayn şartlarının geliştirilmesi için kullanılabilir. Fakat eğer hazır alınmış ya da özel yaptırılmış kontaktör, prototipte kullanılıyorsa, bu çeşit bir reaktörün, saha sistemine aynı şartları yansıtmayacağına önemle dikkat edilir. Şekil 3.4 ve şekil 3.5 ' de gösterilen kontaktör, 500 ila 6000 mg/l APHA renk birimi içeren atık içinde ki renk giderimi için 2 gpm ' lik pilot sistemle birlikte kullanılmıştır. Sürekli akış prosedürü aşağıda verilmiştir.

1. Hesaplanan akım hızında, kolonun üstünden içine doğru atık suyu

pompalayarak arzu edilen temas süresi tespit edilir. Örneğin 8 cm çaplı kolon içinde 100 cm ' lik sıvı seviyesi ve 8 dk ' lık temas süresi için akım hızı

$$\text{Temas alanı} = (\pi/4) * (8)^2 = 50.26\text{cm}^2$$

$$\text{Hacim} = 50.26 * 100 = 5026 \text{ ml}$$

$$\text{Pompa akım hızı} = 5026 / 8 = 628 \text{ ml/dk ' dır.}$$

2. Kesikli sistem prosedürlerinde açıklanan şekilde gaz akımında ki ozon konsantrasyonu ölçülür.
3. Gaz akımı, istenen gaz akımında beslenmiş olan atığın içinde bulunduğu reaktör kolonunu içine doğru çevrilir. Bu arada kolondan havaya doğru gaz çıkışına izin verilmelidir.
4. Kararlı hale ulaşabilmek için gerekli olan bekletme süresinden sonra ikinci kontaktörü ve ozon konsantrasyonunun ölçümü için gerekli olan nem ölçer yardımıyla musluğu kullanarak gaz ayrılmalıdır. Kontaktör genellikle bir barda işletilir.
5. Birinci kontaktörde ki aktif madde doygunluk gösterene kadar testlere devan edilir.
6. Giren gaz ve atık akımı aynı zamanda durdurulur. Tez çalışması boyunca pompalanan atıksu hacmi ölçülür ve numuneden geçen gaz hacmi kaydedilir. Spesifik parametreler için atıksu numunesi analiz edilir ve ozon seviyeleri için aktif madde solüsyonları ölçülür.
7. Değişken işletme şartlarında, birden altıya kadar olan aşamalar tekrar edilir.

Sonuçların Değerlendirilmesi :

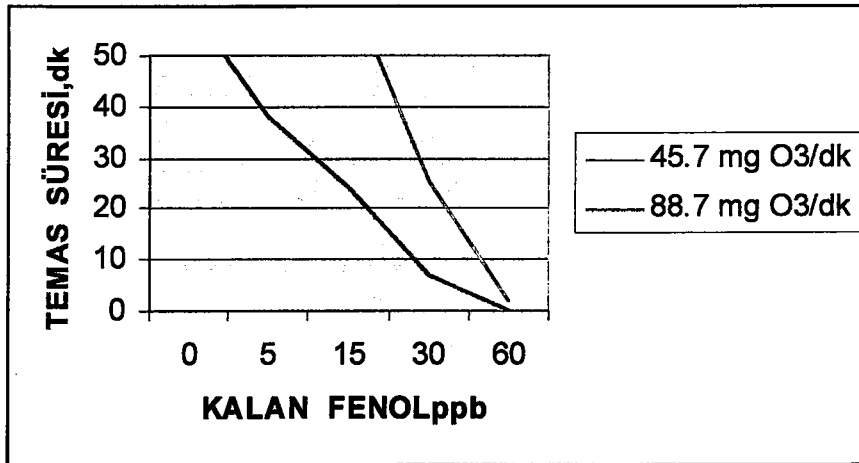
Ekipmanı kurduktan ve uygun verileri topladıktan sonra, dizayn ve sunuş için test sonuçlarını uygun bir formda sunmak gerekir. Genel olarak, KOİ, BOİ ve renk spesifik kirlilik parametrelerinin miktarını yok etmek ta da okside etmek için kullanılan oksidant miktarını tespit etmek çok önemlidir

3.6 Kesikli Sistemde Ozonlamanın Değerlendirilmesi :

Kesikli sistem çalışmalarının sonuçları, pH, sıcaklık ve bekletme süresi gibi optimum işletme şartlarıyla ilişkilendirilir. Örneğin, aktif çamur sisteminden alınan fenole, ozonla oksidasyon yapıp, ozon yüklemesiyle temas süresinin etkilerinin incelenmesi için tablo 3.5 'de görülen matris hazırlanmıştır. Tablo 3.5 'de ki sonuçlarla oluşturulan grafikte şekil 3.7 'de verilmiştir. Şekil 3.7 'den 2 ppb 'den az arta kalan fenol konsantrasyonlarını elde etmek için minimum zaman, sırasıyla 88.7 ve 45.7 mg O₃/dk 'lık ozon yüklemeleri için yaklaşık 40 ve 60 dakika olarak görülmektedir.

Tablo 3.5 Kesikli Sistemde Ozonlama Matrisi

Çıkış pH	Gaz Akımı l/dk	Ozon Yüğü mgO ₃ /dk	Temas Süresi dk	Kalan Fenol ppb
7.0	0.22	45.7	0	-
7.0	0.22	45.7	5	-
7.0	0.22	45.7	15	39
7.0	0.22	45.7	30	18
7.0	0.22	45.7	60	2
7.0	1.02	88.7	0	-
7.0	1.02	88.7	5	38
7.0	1.02	88.7	15	24
7.0	1.02	88.7	30	7
7.0	1.02	88.7	60	<1



3.7 Kesikli Sistem Ozonlamasında Temas Süresinin Belirlenmesi

3.7 Sürekli Akış Değerlendirilmesi :

Bu bölümde sürekli akış korelasyonları bir örnek ile anlatılacaktır. Ozonla renk giderimi için bir atıksu numunesi, değişik ozon miktarlarıyla sürekli olarak temasta olmuştur.

- İlk işletme şartları, toplam sıvı ve gaz akımı, istenen parametrelerin çıkışta ki değerleri ve 0.1 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ solüsyonlu potasyum iyodür solüsyonunun titrasyon sonuçları gibi test boyunca toplanan veriler gösterilmiştir. Giriş gaz numunesi, ozonizatörden direkt olarak gelen gaz akımıdır. 1. Ve 2. Şişeler, şekil 3.4 ' de gösterilen gaz akım çıkışı için aktif madde kontaktörlerini göstermektedir.
- Her bir örnek için tespit edilen ozon miktarı bulunmuştur. (1ml.lik 0.1 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 2.4 mg O_3 ' e eşittir).

$$\text{Giren ozon gazı} = 11.7 / 0.417 = 28.1 \text{ mg ozon}$$

- Giren gaz akımı içinde ki ozonun konsantrasyonu şu şekilde hesaplanabilir.

$$\text{Ozon konsantrasyonu} = 28.1 / 3 = 9.36 \text{ mg ozon/l giren gaz.}$$

- Uygulanmış ozonun toplam miktarı miligram cinsinden hesaplanır. Test boyunca toplam gaz akımı 90 l olduğu için :

$$\text{uygulanan } \Sigma \text{ ozon} = 9.36 \text{ mg } \text{O}_3 / \text{l} * 90 \text{ l} = 842.4 \text{ mg } \text{O}_3$$

- Ozon kullanımının verimliliği hesaplanır.

- a. Çıkış gazında ki kalan toplam ozon, 1 ve 2 no'lu şişelerde tutulmuş olan ozon toplamıdır.

$$\text{Kalan } \Sigma \text{ ozon} = 347.52 + 3.36 = 350.9 \text{ mg } \text{O}_3$$

- b. Uygulanan Σ ozon = 842.4 mg ozon

- c. Kullanılan ozonun verimliliğinin hesaplanması;

$$\text{Ozon kullanım yüzdesi} = (842.4 - 350.9) / 842.4 = \%58.3$$

• Atıksu da kullanılan ozon konsantrasyonunun hesaplanması

- a. Kullanılan ozon = $842.4 - 350.9 = 491.5 \text{ mg}$
- b. Toplam atıksu hacmi = 8520 ml
- c. Kullanılan ozon konsantrasyonu = $491.5 \text{ mg} / 8.52 \text{ l} = 57.6 \text{ mg} / \text{l}$

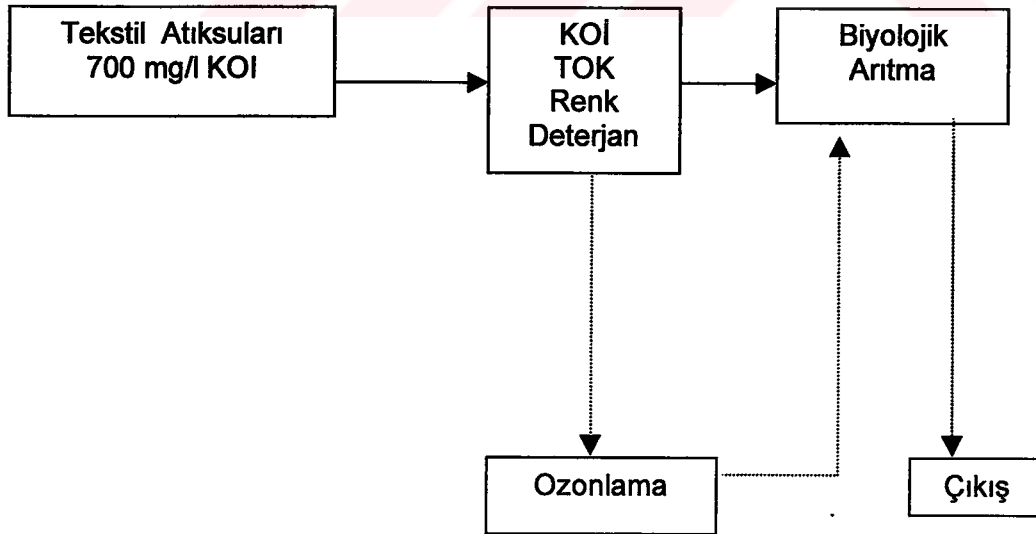
3.8 Sınırlandırmalar ve Ölçülendirme

Ozonlama için laboratuvar sistemi dizaynında başlıca sınırlama, okside olması için ozon gazı ve atıksu arasında ki temasın verimliliği ve derecesidir. Laboratuvardan prototip sisteme ölçülendirme yapmak için, gerekli ozon kullanım elde etmek için kontaktörün yeterli büyüklükte olması gereklidir. Bu verimliliği önceden tam ve doğru tespit etmek için laboratuvar ve pilot çalışmaların aynı türbülans ve habbecik büyüklüğü şartları altında yürütülmüş olması gereklidir. Başka bir deyişle %100 kadar yüksek ölçülendirme faktörleri ilave bir kapasiteyi gerektirebilir. İkinci önemli husus deneylerde ki sıvının sıcaklığıdır. Her ne kadar kimyasal reaksiyonun hızı atıksu sıcaklığının artışıyla beraber artsa da rölatif stabilitesi atıksu sıcaklığının artışı ile büyük ölçüde azalır. Dolayısıyla sıcaklık artışı oksidasyon hızını düşürecektir. Bu nedenle sıcaklık etkisinin daha önceden denenmiş olması şarttır. Böylece ozon kullanımının verimliliği atıksu sıcaklığında ki mevsimsel değişimlerinin bir fonksiyonu olarak önceden tespit edilebilir.

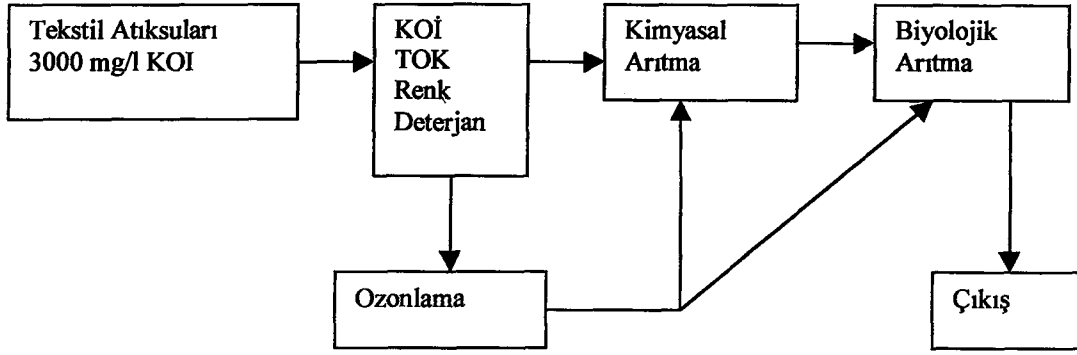
4. DENEYSEL ÇALIŞMA

4.1 Deneysel Çalışmanın Planlanması

Deneysel çalışmalarda tekstil endüstrisi atıksularının biyolojik olarak arıtılmasına ozonlama ile ön arıtımın etkisi incelenmiştir. Öncelikle 700 mg/l KOİ ' ye sahip olan suda ozonlama yapılmış ve daha sonra biyolojik arıtma yapılarak giderim verimi ölçülmüştür. Burada ozonlama biyolojik arıtmaya yardımcı ve ön arıtma olarak düşünülmüştür. Daha sonra 3000 mg/l KOİ ' ye sahip olan atıksu için ozonlama yapılmış daha sonra bu atıksu sırasıyla kimyasal ve biyolojik arıtmaya tabi tutulmuştur. Burada ozonlamanın kimyasal arıtmaya olan katkısı gözlemlenmiştir. Yapılan deneysel çalışmaların şematik bir gösterimi şekil 4.1 ' de verilmiştir.

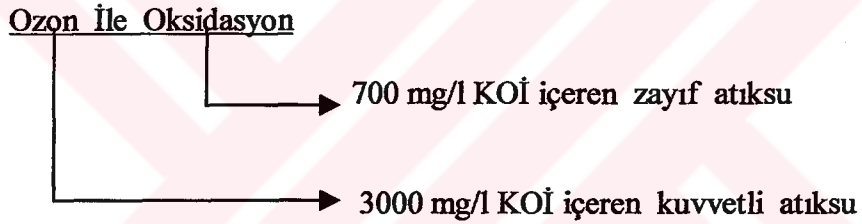


Şekil 4.1 Zayıf (700 mg/l KOİ) Atıksu İçin Deneysel Düzenek Akım Şeması.



Şekil 4.2) Kuvvetli (3000 mg/l KOİ) Atıksu İçin Deneysel Düzenek Akım Şeması

4.1.1 Tekstil endüstrisi atıksuları için deneysel çalışma



Tekstil atıksuyunda iki farklı konsantrasyon için ozonlama yapılmıştır. Bunlardan biri 700 mg/l KOİ ve diğeri 3000 mg/l KOİ içermektedir. 700 mg/l KOİ içeren numune endüstrinin arıtma sisteminin dengeleme tankından, 3000 mg/l KOİ içeren numune ise boya altı olarak tanımlanmış olup boya prosesi reaktöründen alınmıştır.

• 700 mg/l KOİ içeren atıksu örneği için yürütülen deneysel çalışma

700 mg/l KOİ içeren atıksu örneği çamur yaşı 10 gün, hidrolik bekletme süresi bir gün olarak seçilen F/M oranı 0.33, biyokütle konsantrasyonu 2500 mg. UAKM/l olan kesikli bir doldur boşalt reaktörde biyolojik arıtmaya tabi tutulmuştur. KOİ, TOK ve renk parametreleri izlenmiştir. Burada renk izlenmesi rengin mikroorganizmalar üzerinde absorbe olup olmadığını tespit için yapılmıştır. Ayrıca hamsu ozonlanmış ve bundan sonra biyolojik arıtmaya tabi tutulmuştur. Bu sistemde de yukarıda ki parametrelerin giderim verimine bakılmıştır. Daha sonra bu iki sistem arasında

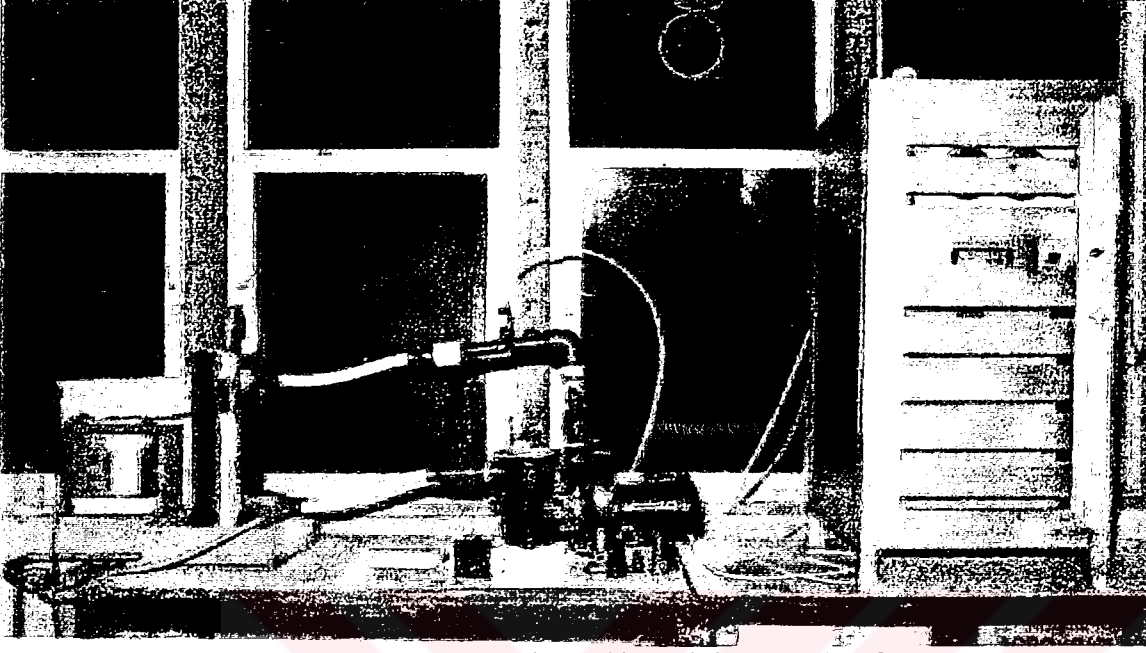
ki giderim verimleri farkı irdelenmiştir. Burada ozonlamanın biyolojik arıtmaya yardımcı olacak bir ön arıtma olması düşünülmüş ve biyolojik arıtmayı rahatlatması amaçlanmıştır.

- 3000 mg/l KOİ içeren atıksu örneği için yürütülen deneysel çalışma :

3000 mg/l KOİ içeren atıksu örneği çamur yaşı 10 gün ve hidrolik bekletme süresi 1 gün olarak seçilen F/M oranı 0.9, ortalama biokütle konsantrasyonu 2500 mg UAKM/l olan reaktörde biyolojik arıtmaya tabi tutulmuş ve biyolojik arıtmadan önce kimyasal arıtma uygulanmıştır.. Bu sistemde de KOİ TOK ve renk giderimi ölçülmüştür. Ayrıca giriş suyunda deterjan analizleri yapılmıştır. Daha sonra bu hamsu ozonlamaya verilerek sırasıyla kimyasal arıtma ve biyolojik arıtmaya tabi tutulmuştur. Kimyasal arıtma çıkışından da numuneler alınarak ozonlamanın kimyasal arıtmaya ne kadar yardımcı olduğu performans ölçümleriyle gözlemlenmiştir. Daha sonra biyolojik arıtma çıkışından numuneler alınarak yeniden KOİ renk ve TOK giderimlerine bakılmış ve ozonlama yapılmadan önceki sistemle karşılaştırılmıştır. Ayrıca deterjan miktarının üniteler arasında sistemi etkileyip etkilemediği ve giderimi hakkında bir görüş oluşturmak için izlenmesi yapılmıştır.

4.2 Ozonlama İçin Deneysel Düzenek

Deneysel çalışma çerçevesinde yarı kesikli bir ozonlama ekipmanı kullanılmıştır.. Şekil 4.3 a) ' da tüm ozonlama sistemi, şekil 4.3 b) ' de ise gaz yıkama şişelerinde boş ozon gazı çıkışı ile renk değişimi görülmektedir



Şekil: 4.3.a. Deneylerde Kullanılan Ozonlama Sisteminin Karşıdan Görünüşü.



Şekil: 4.3.b. Gaz Yıkama Şişelerinde Ozon Gazı Çıkışı ile Renk Değişimi

Ozon Jeneratörü : RXO-15 model Ozonair markalı bir ozon jeneratörüdür. 28 g/saat akım hızı kapasitelidir. 9000 volt değerinde elektrik çekmektedir. Ozon üretimi bu voltaj ile platin gümüş kaplı kontaktörlerde gerçekleştirilmektedir. Oksijeni, oksijen jeneratöründen veya doğrudan havadan alabilecek düzeneğe sahiptir. 5 l/dk'lık oksijen akış hızında optimum çalışma verimine ulaşmaktadır. Ozon çıkışı bir teflon boru sistemiyle sirküle edilen suya enjekte edilmektedir. Oksijenden ozon üretimine 4 dk'lık sürede geçilmektedir.

Oksijen Jeneratörü : AS-12 model hava emişli aspiratörü ve filtreleri olan bir jeneratördür. 4 dk içerisinde ozon jeneratörüne %80 oranında konsantre oksijeni üretme kapasitesinde olup akış hızı 5 l/dk'dır.

Pompa - Reaktör Düzeneği : Ozonun atıksu ile temas ettiği iki ayrı hacimde paslanmaz çelik reaktörlerdir. 10 l ve 20 l'lik hacimlerde tasarlanmış olup efektif su hacmi seviyesinden pompa basıncı ile yukarıdan emilip aşağıdan reaktöre sirküle edilen borulama sistemine sahiptir. Reaktör üzerinde oluşacak boş gazların tahliye edildiği bir delik ve kapalı klepsleri mevcuttur. Pompa CE-95 model STA-RITE marka olup bir sirkülasyon pompasıdır. Atıksu için bir filtre düzeneğine sahip olup teflon-PVC karışımli reaktör bağlantıları ile ozon jeneratöründen gelen ozonun suya enjeksiyonunu sağlayan bir enjektör memesi vardır. Bu nedenle ozon enjeksiyonlu reaktör olarak adlandırılabilir.

Borulama düzeninde sudan örnek almak için örnekleme musluğu ve gerek yıkama gerekse tahliye için boşaltım musluğu bulunmaktadır.

Boş Gazları Ölçüm İçin Yıkama Şişeleri Düzeneği : 2 adet 500 ml lik yıkama şişesinden ibaret olup 20 g/l konsantrasyonda potasyum iyodür çözeltisiyle doludur. Bu düzeneğin bağlantısı reaktörde oluşan boş gazların reaktör kapağından şişelere uygulanması borulama ile gerçekleştirilmiştir. Yıkama şişelerinden kaçması olası gazlar için dış ortam havasına borulama ile çıkış yapılmıştır.

Deneyin Yürütülüşü : Adı geçen yarı kesikli deney düzeneğinde atıksuyun ozon ile oksidasyonu için aşağıda ki sıra takip edilmiştir :

- 10 lt lik reaktör endüstriden alınan atıksu ile doldurulur.
- Yıkama şişeleri 20g/l' lik KI (potasyum iyodür) ile doldurulur.
- Ozon jeneratörü üzerindeki akım ölçerde 5 l/dk' lık akış hızı ayarlanır.
- Ozon ve oksijen jeneratörleri açılır.
- Pompa çalıştırılır.
- Sirkülasyon ile birlikte ozon oluşumu için 4 dakika beklenir.
- 4 dk. sonra ses işareti ile ozon jeneratörü ozon üretmeye başlar. Ses işareti ozonun uygulandığı $t=0$ anıdır. Bu anda örnekleme musluğundan örnek alınır.
- 30, 60, 90, 120 dakikalık sürelerde örnekleme yapılır.
- Planlanan süre sonunda işleyiş durdurulur ozonlanmış numune bir kaba alınır ve ozonlanmış atık diğer amaçlar için kullanılır.
- Reaktör musluk suyu ile doldurulup alet tekrar çalıştırılır. Bu şekilde reaktör ve pompanın yıkanması sağlanır. Aynı işlem birkaç kez tekrar edilir.
- Örneklemede arzu edilen analizlerin yanı sıra (KOİ, TOK renk ve deterjan) ozon ölçümleride yapılır.
- Bu işleyişlerin öncesinde ozon üretim akımını ölçmek için potasyum iyodür çözeltilerinden geçirilen ozon akımı ölçülmüş olmalıdır.

4.3 Ozonlama Testi İçin Veri Oluşturulması

Testin ve analizlerin sonucunda elde edilen verilerin rapor edilmesi gereklidir. Bunun en pratik yolu bulunan sonuçların bir tablo halinde gösterilmesidir. Tablo 4.1'de böyle bir veri tablosu örneklenmiştir.

Tablo 4.1 Ozonlama İşlemi İçin Veri Tablosu

İşletme Şartları			
Atıksu Debisi		ml/dk	
Bekletme Süresi		dk	
Voltaj		volts	
Basınç		bar	
Ozon Debisi		l/dk	
Gözlenen Değerler	Başlangıç	Son	Geçen Süre
Çalışma Süresi			
Toplam Atıksu Hacmi			
Toplam Ozon Gazı			
Parametre	Giriş	Çıkış	
KOI			
TOC			
Renk			
Deterjan			
Ozon Örneklerinin Titrasyonu			
Örnek No	Örnekler	0.1N Na ₂ S ₂ O ₃	Hacimler
1	Giriş ozon gazı		
2	1 no'lu şişe		
3	2 no'lu şişe		

4.4 Ozon Hesaplama Yöntemi :

Bir atıksuyun ozonlanmasında aşağıdaki hesaplama yöntemleri ile değerlendirmeye ulaşılabilir.

Giriş akımındaki O₃ gazının miktarı, atıksuya temas etmeden önce jeneratörden gelen O₃ akım hızının geçirildiği yıkama şişelerinden elde edilen ölçüm sonucu ile hesaplanır.

1. Giriş O₃ gazı miktarı : $0.1 \text{ N Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ ml} / 0.417 = \text{mg ozon}$

2. Giriş gaz akımında ki ozonun konsantrasyonu

$$= \text{giriş ozon gazı miktarı mg} / \Sigma \text{ gaz hacmi l}$$

3. Uygulanan ΣO_3 miktarı,

$$\text{mg } O_3 \text{ miktarı} = \Sigma O_3 \text{ konsantrasyonu, mg } O_3/l \times \Sigma \text{ gaz hacmi, l}$$

4. Harcanan O_3 için verim hesabı :

a) kalan ΣO_3 , mg = yıkama şişesi 1, mg + yıkama şişesi 2, mg

b) uygulanan ΣO_3 , mg = 3. Adımda hesaplanan

c) Harcanan ozonun verimi :

$$\text{Harcanan } O_3 \text{ yüzdesi} = (\text{Uygulanan } \Sigma O_3 - \text{kalan } \Sigma O_3) / \text{Uygulanan } \Sigma O_3$$

5. Atıksuya kullanılan O_3 konsantrasyonu :

a) Kullanılan O_3 miktarı, mg = uygulanan ΣO_3 - kalan ΣO_3

b) Toplam atıksu hacmi, l

c) Kullanılan O_3 konsantrasyonu, mg/l = kullanılan O_3 , mg / atıksu hacmi, l

6. Ozon dozu :

a) Toplam kullanılan titrant miktarı, ml = 1. Yıkama şişesi için titrant miktarı, ml + 2. Yıkama şişesi için titrant miktarı, ml

b) 1 ml' lik 0.1 N $Na_2S_2O_3$, 2.4 mg ozona eşdeğerdir.

c) Ozon dozu, mg/dk = Σ kullanılan titrant miktarı, ml x $Na_2S_2O_3$ normalitesi x 2400 / ozonlama süresi, dk

4.5 Giriş Gaz Akımında Bulunan Ozon Gazının Belirlenmesi:

Ozon jeneratörünün ticari olarak verilen üretim kapasitesi 28 g/sa ' tir. Bu değere göre dakikada üretilen ozonun 466 mg olması gerekmektedir. KI çözeltisi (20 g/l) hazırlanarak bu gaz akısının ölçümü yapılarak cihazın üretim kapasitesi kalibre edilmiştir. 30 dakikalık sürede 6 ayrı örnekleme ile yapılan iyodometrik ozon testleri sonuçları değerlendirilmiştir. Buna göre ozon jeneratörünün üretim akısı ortalama olarak 477 mg/dk olarak tespit edilmiştir. Ve tüm deneylerde bu akıyla hesaplama yapılmıştır.

4.6 Giriş Gaz Akımında Bulunan Ozon Konsantrasyonu :

Giriş akımında ki ozon üretim hızı 477 mg/dk olarak tespit edilmiştir. Bu gaz debisi dakikada 5 litrelik bir akımda olduğuna göre

Ozon gazı konsantrasyonu $477 \text{ mg/dk} / 5 \text{ lt} = 95.4 \text{ mg/l}$ dir.

Musluk suyuna uygulanan ozon miktarı

Bir saatlik uygulama da :

$$\text{mg O}_3 = 95.4 \text{ mg/l} \times 60 \text{ dk} \times 5 \text{ l/dk} = 28620 \text{ mg}$$

İki saatlik uygulamada,

$$\text{mg O}_3 = 95.4 \text{ mg/l} \times 120 \text{ dk} \times 5 \text{ l/dk} = 57240 \text{ mg}$$

Bu hesaplamalar ile giriş akımında ki ozon miktarının kontrolü yapılmış ve bu miktar ile atıksuya harcanan O_3 miktarının hesaplanmasına geçilmiştir.

4.7 Deneylerde Kullanılan Cihaz Ve Analitik Yöntemler

Tekstil numunelerinin her ikisinde de ozon RXO-15 Model Ozonair Marka Ozonizatörle elde edilmiştir..

Deneyler de kullanılan tüm kimyasal maddeler analitik saflıktadır.

Tez çalışmaları süresince yapılan deneyler ve ölçüm yöntemleri aşağıda sıralanmıştır.

KOİ deneyleri, tahmin edilen KOİ miktarlarına göre mikro KOİ ve makro KOİ açık ve kapalı reflux metoduna göre yapılmıştır.

Reaktör çıkışında O_3 gazı ölçümleri iyodometrik yöntem ile yapılmıştır.

Deterjan ölçümleri kloroform ekstraksiyonu ile spektrofotometrik olarak ölçülmüştür.

Renk ölçümü kolorimetrik olarak yapılmış ve Pt-Co cinsinden hesaplanmıştır.

Ölçümler sırasında kullanılan bütün deneyler standart metodlara göre yapılmıştır(18)



5. SONUÇLAR

5.1. Tekstil Atıksu Örneklerinin Ozon ile Oksidasyon

5.1.1 Ozon dozajı hesabı

a) 700 mg/l KOİ içeren örnek için

Sistemin giriş gaz akımındaki ozon üretim hızı = 477 mg/dk

Ozon gazı debisi = 5 l/dk

Giriş gaz akımındaki ozon konsantrasyonu = 95.4 mg/l

Toplam uygulanan ozon miktarı = 57240 mg O₃

Atıksu hacmi = 10 l

Atılan ozon gazı (gaz yıkama şişelerinde toplanan ozon gazı) = 46.8 ml Na₂S₂O₃ eşdeğeri

1 ml 0.1 N Na₂S₂O₃, 2.4 mg O₃'e eşdeğer olduğundan 1/ 2.4 = 0.417

Çıkış ozon gazı = 46.8/0.417 = 112.23 mg O₃

Atıksuya harcanan ozon gazı = 57240 – 112.23 = 57127.77 mg O₃

Atıksuya harcanan ozonun verim hesabı = (57240 – 112.23)/57240 = %99.8

Atıksuda kullanılan Ozon konsantrasyonu = 57127.77/10 = 5.71 g/l atıksu

b) 3000 mg/l KOİ içeren örnek için

Sistemin giriş gaz akımındaki ozon üretim hızı = 477 mg/dk

Ozon gazı debisi = 5 l/dk

Giriş gaz akımındaki ozon konsantrasyonu = 95.4 mg/l

Toplam uygulanan ozon miktarı = 57240 mg O₃

Atıksu hacmi = 10 l

Atılan ozon gazı (gaz yıkama şişelerinde toplanan ozon gazı) = 34.2 ml/ Na₂S₂O₃ eşdeğeri

1 ml 0.1 N Na₂S₂O₃, 2.4 mg O₃'e eşit olduğundan 1/ 2.4 = 0.417

Çıkış ozon gazı = 34.2/0.417 = 82.01 mg ozon

Atıksuda harcanan ozon gazı = $57240 - 82.01 = 57157.99$ mg ozon

Atıksuda harcanan ozonun verim hesabı = $(57240 - 82.01)/57240 = \%99.85$

Atıksuda kullanılan ozon konsantrasyonu = $57157.99/10 = 5.71$ g/l atıksu

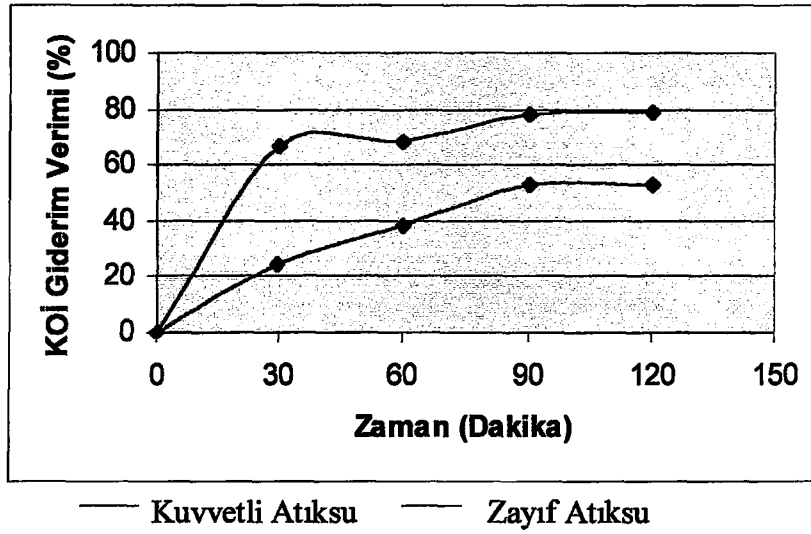
5.1.2 700 mg/l ve 3000 mg/l KOİ içeren atıksular için yapılan deneyler:

700 mg/l KOİ içeren atıksu endüstrinin arıtma sisteminin dengeleme tankından, 3000 mg/l KOİ içeren atıksu ise, boya prosesi olarak tanımlanan reaktör altından alınmıştır. Bu atıksu numunelerine ozon ile oksidasyon yapılması amaçlanmıştır. Çeşitli ozonlama sürelerinde (30-60-90-120 dk), ozon reaktöründen alınana numunelerde KOİ bazında oksidasyon verimi tespit edilmiştir. Çıkış ozon gazı ölçümleriyle, uygulanan ve tüketilen ozon miktarları hesaplanmıştır. Farklı temas sürelerinde atıksulardaki KOİ'nin oksidasyon ile giderim verimleri ve uygulanan ozon dozları tablo 5.1'de verilmiştir. Ozon temas süresi ve uygulanan dozun optimum verime ulaşma noktaları saptanmış ve şekil 5.1'de gösterilmiştir. Uygulama açısından optimum ozon dozunun zayıf atıksu için 1.42g/l ve temas süresinin 30 dk, kuvvetli atıksu için optimum dozun 4.28 g/l ve temas süresinin 90 dk olduğu görülmektedir.

Tablo 5.1 Ozon Oksidasyonunda Farklı Temas Sürelerinde KOİ Giderim Performansları

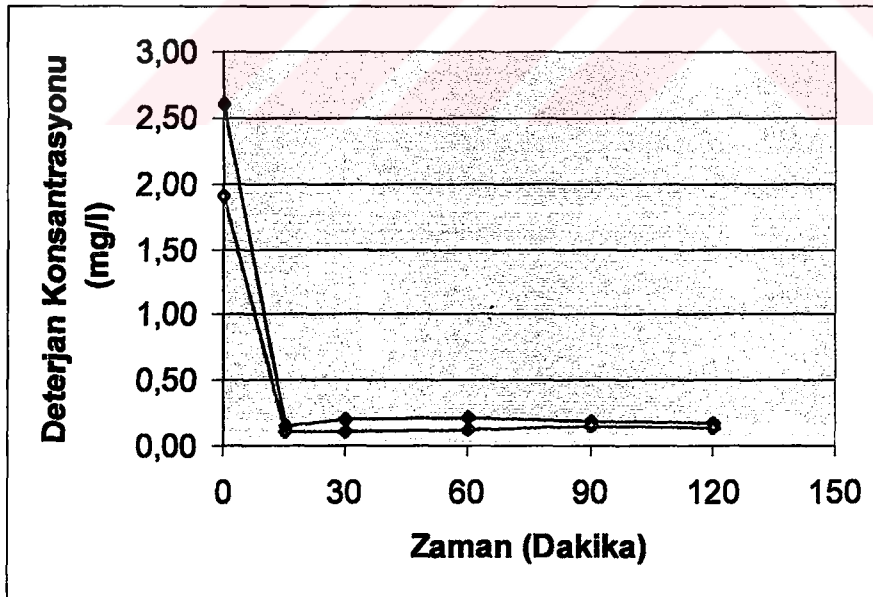
Zayıf Atıksu	Verim	Kuvvetli Atıksu	Verim	Temas Süresi	Uygulanan Ozon	Tüketilen Ozon	Boş Gaz	
KOİ mg/l	%	KOİ mg/l	%	dakika	mg	mg	Zayıf	Kuvvetli
							mg	mg
643	0	3000	0	0	0	0	0	0
212	67	2254	24	30	14310	14285	25	19
204	68	1850	38	60	28620	28573	47	36
137	78	1400	53	90	42930	42826	104	75
130	79	1390	53	120	57240	57127	112	82

(*) KOİ giderim verimi



Şekil 5.1.Ozonlama ile KOİ Giderimi

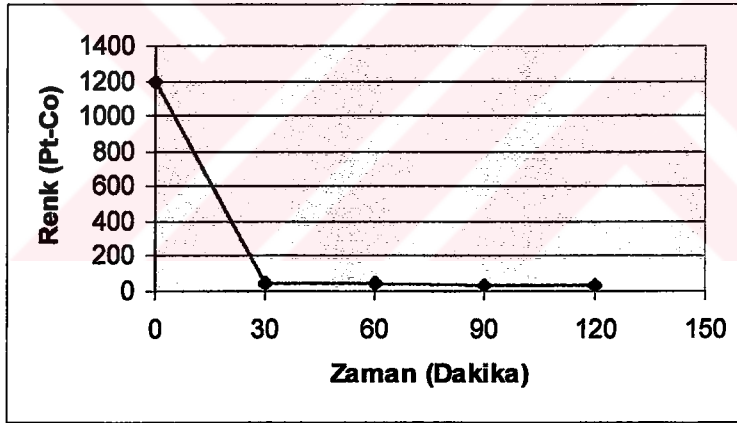
Deney sırasında tespit edilen köpürmenin deterjan konsantrasyonu ile ilgili olduğu düşünülerek, giriş ve çıkış değerleri ile deterjan giderimi izlenmiştir. Buna göre ozonlama ile deterjan konsantrasyonu arasındaki ilişki Şekil 5.2’de görülmektedir.



Şekil 5.2. Ozonlama ile Deterjan Giderimi

Deterjan miktarındaki ilk 15 dakikadaki ani düşüşün nedeni köpürme ile deterjanın sudan faz değiştirerek ayrılması şeklinde düşünülmelidir. Bu durumda kapalı bir sistem olan deney düzeneğinin köpürme sorunu, reaktör üzerine bir delikli perde yerleştirilmesi ile giderilmiştir. 15 dakikalık ozon temas süresi içinde ozonun elektrofilik bir atak ile yüzey aktif maddeye ancak ulaşip aktiviteyi kırıdığını da düşünülebilir. Bu durumda sadece deterjan üzerine ozonun etkisinin tespiti tam olarak yorumlanamamıştır. (Sentetik deterjan örnekleri ve gerçek atıklar ile paralel deneyler yürütülerek bu durum açıklığa kavuşturulabilir)

Giriş atıksuyundaki renk parametresinin de ozonla giderimi izlenmiştir. Buna göre yarım saatlik ozon temas süresinde 1200 Pt-Co'lık renk biriminin 40 Pt-Co'ya düştüğü görülmektedir. Renk standardının duyarlılığı dolayısıyla 40 Pt-Co'dan daha aşağı bir renk giderimine ulaşamamıştır. Burada ozonun atık içindeki farklı madde gruplarına seçiciliği yanında işlem sonrası kalan askıda madde ve kolloidlerin de renk birimi oluşturmuş olması da düşünülmelidir. Ozonlama ile renk giderimi Şekil 5.3'te gösterilmiştir.



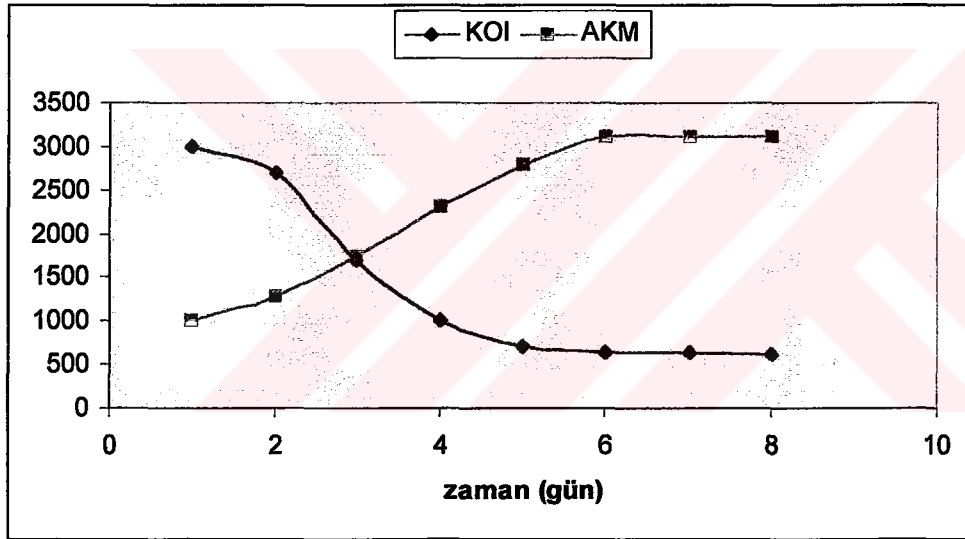
Şekil 5.3. Ozonlama ile Renk Giderimi

5.2. Tekstil Atıksu Örneklerinin Biyolojik Olarak Arıtılabilirliği:

Bu kısımda hamsu örneklerinin doğrudan biyolojik arıtılabilirliği yanında ozonlama sonucu elde edilen çıkışlarında arıtılabilirliği incelenmiştir.

5.2.1. Atıksuların doğrudan biyolojik arıtımı

İki farklı atıksu iki ayrı doldur-boşalt sistemi ile çalışan aktif çamur üzerine farklı seyreltmelerde beslenerek biyokütlenin adaptasyon ve aklımasyonu sağlanmıştır. Zayıf atıksu için endüstride bulunan aktif çamur ünitesinden çamur transferi yapılmış ve çok kısa sürede aklımasyon sağlanmıştır.. Kuvvetli atıksu için aynı çamur, organik yükleme ve karakter değişikliği nedeniyle daha uzun bir aklımasyon periyodu geçirmiştir. Kesikli aktif çamur efektif hacimleri 1 litre olup 1/10 oranında tam karışımdan çamur uzaklaştırılarak çamur yaşı (θ_c)'nin 10 gün olması sağlanmıştır. Kararlı dengede çalışma periyodu hem AKM hem de KOİ ölçümlerindeki denge ile sağlanmış ve Şekil 5.4'de gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Aktif Çamurun Aklımasyonu

Aklımasyon periyodunun zayıf atıksular için 5'inci günde gerçekleştiği AKM ve KOİ'deki kararlılık ile saptanmıştır. Bu periyod kuvvetli atıksular için 7'inci günde sağlanmış olmasına rağmen, 1'inci reaktörden atılan çamurdan 2'inci reaktöre transfer nedeniyle bu periyod da kısa sürede gerçekleştirilmiştir. Doğrudan biyolojik arıtma ile elde edilen KOİ giderim performansları Tablo 5.2'de görülmektedir.

Tablo5.2. Doğrudan Biyolojik Arıtmanın KOİ Giderim Performansı

Zayıf Atıksu			Kuvvetli Atıksu		
KOİ (Giriş)	KOİ(Çıkış)	Verim	KOİ (Giriş)	KOİ(Çıkış)	Verim
760 mg/l	40 mg/l	%95	3000 mg/l	900 mg/l	%70
UAKM: 2500 $\theta_c = 10$ gün			UAKM: 3000 $\theta_c = 10$ gün		
AKM : 3200			AKM : 3600		
F/M : 0.33 $\theta = 1$ gün			F/M : 1 $\theta = 1$ gün		

(*) çıkış KOİ değerleri en az 4 günlük ölçümlerin ortalamasıdır.

5.2.2. Ozonlanmış atıksu örneklerinin biyolojik olarak arıtılabilirliği

Her iki atıksu ozonlama sonrası ayrı ayrı toplanmış ve kalan ozonun etkisini gidermek üzere atmosfere açık olarak bir difüzör yardımıyla havalandırma sonucu bozundurulması veya sıyırılması sağlanmıştır. Daha sonra bu atıksular biyolojik deney setlerindeki 1 ve 2 nolu aktif çamurlara beslenmiş ve biyolojik deney serileri tekrarlanmıştır. Tablo 5.3'te ozonlanmış örneklerin KOİ bazında giderim performansları verilmiştir.

Tablo5.3 Ozonlanmış Atıksuların KOİ Giderim Performansları

Ozonlanmış Zayıf Atıksu			Ozonlanmış Kuvvetli Atıksu		
KOİ (Giriş)	KOİ(Çıkış)	Verim	KOİ (Giriş)	KOİ(Çıkış)	Verim
130 mg/l	60 mg/l	%53	1390 mg/l	110 mg/l	%92
UAKM: 2440 $\theta_c = 10$ gün			UAKM: 2870 $\theta_c = 10$ gün		
AKM : 3110			AKM : 3450		
F/M : 0.053 $\theta = 1$ gün			F/M : 0.48 $\theta = 1$ gün		

(*) çıkış KOİ değerleri en az 4 günlük ölçümlerin ortalamasıdır.

Zayıf atıksu örneğinde ozonlamanın %80'e yaklaşan giderim performansının doğrudan biyolojik arıtımın performansına yaklaşması sonucu ozonlanmış örneğin biyolojik arıtımında F/M oranı düşmüş ve giderim veriminin azaldığı görülmüştür. Oysa kuvvetli atıksuda biyolojik giderimin performansı, F/M oranının 1'den 0.48'e düşmesine karşın yükselmektedir. Buradan ozonlamaya kuvvetli atıksu üzerinde

biyolojik arıtmaya bir ön arıtma veya rahatlatıcı bir ünite gözüyle bakmak mümkün olabilir. Zayıf atıksu için ozonlamanın biyolojik üniteyi gerektirmeyecek bir performansa sahip olduğu görülmektedir. Ancak kuvvetli atıksularda ozonlamanın gerek fizikokimyasal arıtma reaksiyonları ve gerekse ekonomisi açısından ön arıtma olarak değerlendirilebileceği anlaşılmaktadır. Alıcı ortam standartları ve deşarj izinlerinde mikrokirleticiler açısından biyolojik arıtmaya etkili olabilecek maddelerin giderilmesi de gözönüne alındığında ozonlamanın arıtma sistemi bütünlüğünde biyolojik ünite öncesinde kullanılması önerilebilir. Ozonun OH⁻ radikalleri ile çevrim reaksiyonlarının biyolojik aktiviteyi etkilemediği giderim performansının yüksek olmasıyla açıklanabilir olmasına rağmen ozonlama sonrası bir kimyasal arıtma ünitesinin de etkisi incelenmiştir. Çünkü OH⁻ radikallerinin kimyasal çöktürme (koagülasyon-flokülasyon) prosesinde olumlu rol oynadığı ve çökelme verimini arttırdığı bilinmektedir.

Bu Amaçla yapılan bir kimyasal arıtılabilirlik (jartest) deney sonuçları ile deney programında verilen kimyasal arıtma çıkış suyunun biyolojik arıtılabilirliği de gerçekleştirilmiştir. Bu serinin sonuçları tablo 5.4'te verilmektedir.

Tablo 5.4 Ozonlama Sonucu Kimyasal ve Biyolojik Arıtmada KOİ Giderim Verimleri

Kuvvetli Atıksu Örneği					
Ozonlama	Verim	Kimyasal Arıtma	Verim	Biyolojik Arıtma	Verim
3000→1390	%53	1390→510	%63	510→52	%89
		*3000→1600	%46	1600→150	%91

(*) hamsuda doğrudan kimyasal arıtma

Bu sonuçlara göre, 3 ayrı arıtma alternatifi deney serisi sonucunda, KOİ bazında elde edilen toplam arıtma verimleri, ozonun kuvvetli tekstil atıksu örnekleri için bir ön arıtma ve alıcı ortam standartlarına ulaşmada etkin bir ünite olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Kuvvetli atıksular için doğrudan biyolojik arıtma (1'inci seri) verimi %70 iken, 60 dakika ozonlama sonucu biyolojik arıtma (2'inci seri) verimi %90'a ozonlama sonrası kimyasal ve biyolojik arıtma (3'üncü seri) verimi ise % 94'e ulaşmaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Deneysel çalışma planının bir sonucu olarak elde edilen verilerden hareketle aşağıdaki sonuç ve değerlendirmeler yapılmıştır.

- ◆ Zayıf atıksuya doğrudan uygulanan biyolojik arıtma verimi %95 ile yüksek bir değerdedir. Ozonlama ile elde edilen verim ise bu tür bir oksidasyon için yüksek bir verim göstermiştir.
- ◆ Bu durumda 130 mg/l 'ye düşen bir KOİ değeri ile biyolojik arıtmaya girmek F/M oranını düşürdüğü için ozonlama ve biyolojik arıtmadan oluşan bir sistem için toplam verimde bir düşme göstermektedir. Bu durumda sadece ozonlamanın bu atık için bir önarıtma standardını sağlayabildiği görüldüğünden iki proseten sadece birinin kullanılması önerilebilir. Ancak mikrokirleticiler açısından bir standart değere ulaşamayacaksa her ikisi birlikte kullanılmalıdır.
- ◆ Ozon temas süresini 30 dakika civarında tutmakla (düşük ozon uygulaması) KOİ veren organiklerin kısmi oksidasyonu, bir başka değişle elektrofilik atak ile molekül yapılarının kırılması sonucu biyolojik arıtmaya olası girişimlerin önlenmesi ile KOİ yi fazla düşürmeden ozonlama ve biyolojik arıtmadan oluşan bir sistemin tasarımının daha uygun olacağı önerilebilir. Çünkü bu temas süresinde KOİ bazında henüz yüksek bir oksidasyona ulaşılmadığı görülmektedir. Bu durum biyobozunur maddenin biyolojik arıtmaya öncekine göre yumaşatılması anlamına gelmektedir. Bir zehirlilik izlenmesi yapılmamasına rağmen ozon temas süresindeki ayarlama ile ozonun oksidasyon öncesi atıksu için bir detoksifikasyon sağladığı şeklinde bir yorumda yapılabilir.
- ◆ Deterjan gibi biyolojik arıtma verimini inhibe edebilecek bir maddenin giderimi için ozonlamanın, sayet köpük problemi de giderilirse biyolojik arıtmayı rahatlatıcı bir proses olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

- ◆ Tekstil atıksularında sıkça rastlanan ve standartlarda olsun olmasının estetik açıdan bir kirletici parametre olarak ortaya çıkan renk parametresi için de ozonlamanın yüksek giderim verimi sağladığı görülmektedir. Renk veren maddelerin özellikle organik boyar maddelerin mikrokirletici ve eser miktarda oldukları göz önüne alınırsa ozonun kısmi oksidasyon uygulamasının özellikle biyolojik arıtma öncesinde biyolojik arıtmaya bir önarıtma olarak kullanılması uygun görülmektedir.
- ◆ Biyolojik arıtmaya ozonlamadan çıkan su içinde kalan kalıcı ozonun etkisinin ihmal edilebileceği düşünülmüştür. Özellikle ozonun oksidasyon sonrası bozunma hızının milisaniyeler civarında olması nedeni ile ozonlama çıkışı sudaki ozonun biyolojik arıtma öncesi atmosfere açılması veya hidrolik akımlarla bozundurulması sonucu biyolojik arıtmayı etkilemediği sonucuna varılmıştır. (19)
- ◆ Kuvvetli atıksuya doğrudan uygulanan biyolojik arıtma verimi %70'ler civarındadır. Ozonlama sonrası biyolojik arıtmadaki F/M oranı, doğrudan biyolojik arıtmadaki F/M oranına göre düşüş göstermesine rağmen, F/M oranının uygun seviyeye çekilmesinden dolayı biyolojik arıtmada % 92 ve arıtma toplamında ise % 96'ya varan bir verim sağladığı görülmüştür. Bu durumda bu tür kuvvetli atıksularda biyolojik arıtmanın tek başına yeterli olmadığı ama ozonlama ile birlikte yüksek bir giderim veriminin sağlanabileceği sonucuna varılmıştır. Bunun için deşarj limitlerini sağlamada her iki prosesin aynı anda kullanılması önerilebilir.
- ◆ Kuvvetli atıksu için optimum ozon temas süresi 90 dk'dan daha uzun sürelerde oksidasyon veriminin artmayacağı sonucuna varıldığından zayıf atıksuya göre düşünülen kısmi oksidasyonla kalan KOİ miktarının biyolojik arıtma için optimum bir giriş değeri olduğu gözlenmiştir.
- ◆ Kuvvetli atıksuya uygulanan kimyasal ve biyolojik arıtmanın verimi % 95 civarındadır. Ozonlama sonrası kimyasal ve biyolojik arıtma verimi ise % 98 mertebesine ulaşmıştır. Kuvvetli atıksularda optimum ozonlama süresi ozonlama sonrası biyolojik arıtma için 90 dk iken, bu süre 30 dk civarında tutularak kısmi oksidasyon sonrası kimyasal ve biyolojik arıtma alternatifleri ile standart değerlere inilebileceği düşünülmüştür. Yukarda bahsedilen arıtma alternatifleri verimleri Tablo 6.1'de gösterilmiştir.

Tablo 6.1 Zayıf ve Kuvvetli Atıksular İçin KOİ Bazında Arıtma Alternatifleri Verimleri

PROSESLER	ZAYIF ATIKSU	KUVVETLİ ATIKSU
BİYOLOJİK ARITMA	95	70
OZONLAMA+BİYOLOJİK ARITMA	92	96
KİMYASAL+BİYOLOJİK ARITMA	-	95
OZONLAMA+KİMYASAL+BİYOLOJİK ART.	-	98

Sonuç olarak her türlü atıksuyun ozon ile arıtılmasında temas süresi yani ozon dozajı belirleyici faktördür. Çeşitli temas sürelerinde ve bu sürelere uygun arıtma alternatifleri ile standart değerlere ulaşılabilir. Ozon temas süresinin ayarlanmasının esnekliğinden dolayı ozonlama prosesi arıtma sisteminin birçok yerinde tamamlayıcı bir ünite olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Göknil H., Toröz İ., Çimşit Y., (1984) Endüstriyel Atıksuların Kontrol ve Kısıtlama Esasları Projesi, Tekstil Endüstrisi, T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü, İ.T.Ü Çevre ve Şehircilik Uygulama Araştırma Merkezi
- [2] Tünay O., (1996), Endüstriyel Kirlenme Kontrolü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Matbaası
- [3] Tünay O., (1999), Industrial Waste Management dersi ders notları
- [4] CRC (1990) Critical Reviews in Environmental Control, vol. 19, Issue 5 CRC Press.
- [5] KIANG, Y., METRY, A.A., (1982) Hazardous Waste Processing Technology, ann Arbour Science Publishers, Inc., ISBN 0-250404117 Michigan
- [6] MASTEN, S.J., DAVIES, S.H.R., (1994), Environmental Science Technology, vol. 28., no. 4
- [7] METCALF & EDDY (1991) Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse, McGraw – Hill, Inc., ISBN 0-07-100824-1 3rd Editon, Singapore.
- [8] STOPKA, K., (1980), Advanced Ozone Technologie for Cyanide Destruction in Electroplating, Plating and Surface Finishing, pp. 77 – 80.
- [9] HORVAT, H.M., HUTTNER, J., (1985), Ozone, Topics in Inorganic and General Chemistry by Elsevier, Hungary.
- [10] LEGERON, J.P., (1978), Chemical Ozone Demand of a Water Sample by Laboratory Evaluation, International Ozone Inst., Inc., vol.5, no.8 , part 2.
- [11] ANSELME, C., SUFFET, I.H., MALLEIVIALLE, J., (1988) Effects of Ozonation on Tastes and Odors, Research & Technology, Journal AWWA, 45-51.
- [12] GAHR, F., HERMANUTZ, F., OPPERMANN, W., (1994) Ozonation – an Important Technique to Comply with New German Laws for Textile Wastewater Treatment, vol. 30, no. 3, pp. 255 – 263.
- [13] D.C. PRAT, C., VICENTE, M., ESPLUGAS, ES., (1988) Treatment of Bleaching Waters in the Paper Industry by Hydrogene Peroxide and Ultra-Violet Radiation, vol. 22, no. 6, pp. 663 – 668
- [14] GÜROL, M.D., BREMEN, W.M., HOLDEN. T. E., (1985) Oxidation of Cyanites in Industrial Wastewaters by Ozone, Environmental Progress, vol. 4, no. 1, pp. 46 – 51.

- [15] GÜROL, M.D., (1996), Ozonla Oksidasyon, Seminer Notları, Marmara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Aralık 1996.
- [16] ADAMS, S., FORD, D.L., ECKENFELDER, W.W., (1981) Development of Design and Operational Criteria for Wastewater Treatment. Chapter 18 p.337 Enviro Press.,Inc.,ISBN 0937976008
- [17] DEGREMONT (1991) Water Treatment Handbook, Lavoisier Publishing, Inc., ISBN 2.9503984.1.3.
- [18] EPA (1991a) Technologies for Upgrading Existing or Designing New Drinking Water Treatment Facilities, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, pp. 72-81.
- [19] APHA, (1989) Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 17th ed., American Public Health Association, Washington DC
- [20] Ertay Tuba TURAN, (1997), Doktora Tezi, Zararlı Atıkların Ozon ile Oksidasyonu.

ÖZGEÇMİŞ

Yalçın Güneş, 1974 yılında Tuncelide doğdu. İlk, orta, ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamlayarak 1992 yılında İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı.1997 yılında lisans diplomasını alarak aynı yıl İTÜ'de yüksek lisans programına başladı.

