

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARINDA
KOİ BİLEŞENLERİ-TOKSİSİTE
İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Arda YILDIZ

Anabilim Dalı: ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Programı: Çevre Bilimleri Mühendisliği

MAYIS 2003

**BİR TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARINDA
KOİ BİLEŞENLERİ-TOKSİSİTE
İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Arda YILDIZ

Anabilim Dalı: ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Programı: Çevre Bilimleri Mühendisliği

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 5 Mayıs 2003

Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Mayıs 2003

MAYIS 2003

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi, yönlendirilmesi ve sonuçlandırılmasındaki katkıları ve desteğinden dolayı değerli hocam Yard.Doç.Dr. Süreyya MERİÇ PAGANO'ya, tüm çalışmam boyunca desteklerini benden hiç esirgemeyen aileme ve arkadaşlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2003

ArdaYILDIZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TABLO LİSTESİ	VI
ŞEKİL LİSTESİ	VIII
KISALTMALAR	IX
ÖZET	X
SUMMARY	XI
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
2. TEKSTİL ENDÜSTRİSİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ	3
2.1. Tekstil Endüstrisinde Üretim	3
2.1.1. Hammaddeler	3
2.1.2. Üretim Proses ve İşlemleri	3
2.2. Altkategorilerin Belirlenmesi	6
2.2.1. Tekstil Endüstrisi Atıksularında Altkategorizasyon	6
2.3. Su Kullanımı, Atıksu Kaynakları ve Karakterizasyonu	9
2.3.1. Su Kullanımı	9
2.3.2. Atıksu Kaynakları	10
2.3.3. Tekstil Endüstrisi Atıksularında Kirletici Parametreler	11
2.3.4. Atıksu Karakterizasyonu	12
2.4. Tekstil Endüstrisinde Kullanılan Boyalar	15
2.4.1. Reaktif Boyarmaddeleri	15
2.4.2. Dispers Boyarmaddeler	17
2.4.3. Azoik Boyarmaddeler	17
3. TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ BİYOLOJİK ARITIMI	19
3.1. Kavramsal Yaklaşım	19
3.1.1. Biyolojik Arıtılabilirlik Bazlı Atıksu Karakterizasyonu	20
3.1.2. Ozonlamanın Biyolojik Arıtma Öncesi Kullanımı	23

4. TOKSİSİTE GİDERME VE AZALTMA YAKLAŞIMI	24
4.1. Toksisite Giderme Yaklaşımı	24
4.2. Toksisite Azaltma Yaklaşımı	28
4.3. Tekstil Endüstrisi Atıksularında Toksisite İzleme ve Azaltma Yaklaşımları	29
5. DENEYSEL ÇALIŞMANIN PLANLANMASI	30
5.1. Endüstrinin Tanımı	30
5.1.1. Üretim Prosesi	30
5.1.2. Kullanılan Hammadde ve Yardımcı Maddeler	32
5.1.3. Su Kullanımı ve Atıksu Oluşumu	32
5.1.4. Atıksu Karakterizasyonu	32
5.1.4.1. İnert KOİ Bileşenlerinin Belirlenmesi	34
5.1.4.2. Kolay Ayrışan Organik Maddenin Belirlenmesi	37
5.1.4.3. Yavaş Ayrışan Organik Maddenin Belirlenmesi	38
5.1.5. Ozonlamanın KOİ Bileşenlerine Etkisi	39
5.1.6. Toksisite Ölçümü	39
5.1.7. Analitik Ölçümler	39
6. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR	40
6.1. Konvansiyonel Atıksu Karakterizasyonu	40
6.2. Biyolojik Arıtılabilirlik Bazlı Karakterizasyon Sonuçları	41
6.2.1. İnert KOİ Bileşenleri	41
6.2.2. Kolay Ayrışan Organik Madde	46
6.2.3. Ozonlama Sonrası Elde Edilen İnert KOİ Bileşenleri	48
6.2.4. Toksisite Deney Sonuçları	51
6.3. Tartışmalar	54

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	59
KAYNAKLAR	62
ÖZGEÇMİŞ	65

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.3.2.1	Tekstil Endüstrisi Altkategorilerinde Atıksu Kaynakları..... 10
Tablo 2.3.3.1	Su Kirliliği Yönetmeliği'ne Göre Tekstil Endüstrisi..... 12
	Atıksularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları
Tablo 2.3.4.1	Türkiye'ye İlişkin Tekstil Endüstrisi Atıksu..... 13
	Karakterizasyonu
Tablo 2.3.4.2	EPA Altkategorizasyonuna İlişkin Tekstil Endüstrisi..... 14
	Atıksu Karakterizasyonu
Tablo 3.1.1.1	Yekstil Endüstrisi KOİ Bileşenleri..... 22
Tablo 5.1.4.1.1	Solusyon A ve B İçerikleri..... 35
Tablo 6.1.1	Tekstil Endüstrisine Ait Konvansiyonel Atıksu..... 40
	Karakterizasyonu
Tablo 6.2.1.1	Numune 1 İçin İnert KOİ Saptama Deneyi Sonuçları..... 42
Tablo 6.2.1.2	Numune 1 İçin İnert KOİ Değerleri..... 42
Tablo 6.2.1.3	Numune 1 İçin İnert KOİ Bileşenlerinin Oranları..... 43
Tablo 6.2.1.4	Numune 2 İçin İnert KOİ Saptama Deneyi Sonuçları..... 43
Tablo 6.2.1.5	Numune 2 İçin İnert KOİ Değerleri..... 44
Tablo 6.2.1.6	Numune 2 İçin İnert KOİ Bileşenlerinin Oranları..... 44
Tablo 6.2.1.7	Numune 3 İçin İnert KOİ Saptama Deneyi Sonuçları..... 45
Tablo 6.2.1.8	Numune 3 İçin İnert KOİ Değerleri..... 45
Tablo 6.2.1.9	Numune 3 İçin İnert KOİ Bileşenlerinin Oranları..... 46
Tablo 6.2.2.1	Numune 2 İçin Deneysel OTH Sonuçları..... 47
Tablo 6.2.3.1	Numune 2 İçin Ozonlama Sonrası İnert KOİ Saptama Deneyi..... 48
	Sonuçları
Tablo 6.2.3.2	Numune 2 İçin Ozonlama Sonrası İnert KOİ Değerleri..... 48
Tablo 6.2.3.3	Numune 2 İçin Ozonlama Sonrası İnert KOİ Bileşenlerinin..... 49
	Oranları
Tablo 6.2.3.4	Numune 3 İçin Ozonlama Sonrası İnert KOİ Saptama Deneyi..... 49
	Sonuçları
Tablo 6.2.3.5	Numune 3 İçin Ozonlama Sonrası İnert KOİ Değerleri..... 50
Tablo 6.2.3.6	Numune 3 İçin Ozonlama Sonrası İnert KOİ Bileşenlerinin..... 50
	Oranları
Tablo 6.2.4.1	Numune 1 İçin Toksikite Deney Sonuçları..... 51
Tablo 6.2.4.2	Numune 2 İçin Toksikite Deney Sonuçları..... 52
Tablo 6.2.4.3	Numune 3 İçin Toksikite Deney Sonuçları..... 53

Tablo 6.3.1	Numune 1 İçin Ham Atıksu İnerter KOİ Bileşenleri.....	54
Tablo 6.3.2	Numune 2 İçin Ozonlama Öncesi ve Sonrası İnerter KOİ.....	54
	Bileşenleri	
Tablo 6.3.3	Numune 3 İçin Ozonlama Öncesi ve Sonrası İnerter KOİ.....	55
	Bileşenleri	
Tablo 6.3.4	İncelenen Atıksudaki KOİ Bileşenleri.....	56
Tablo 6.3.5	Ozonlama Sonrası KOİ Bileşenlerindeki Giderim.....	57
Tablo 6.3.6	Atıksu Numunelerinde Yürütölen Toksisite Deney.....	58
	Sonuçları	

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.4.1.1	Reaktif Boyarmaddelerin Karakteristik Yapısı..... 16
Şekil 3.1.1.1	Atıksudaki KOİ Fraksiyonları..... 21
Şekil 3.1.1.2	Çözünmüş KOİ Bileşenleri..... 21
Şekil 3.1.1.3	Partiküler KOİ Bileşenleri..... 21
Şekil 3.1.1.4	Aktif Çamur Sistemi..... 22
Şekil 4.2.1	Toksisite Karakterizasyon Aşaması..... 28
Şekil 4.2.2	Toksisite Azaltma Aşaması..... 28
Şekil 5.1.1.1	Pamuklu Kumaş Üretimi Akım Şeması..... 30
Şekil 5.1.1.2	Sentetik Kumaş Üretimi Akım Şeması..... 31
Şekil 5.1.3.1	Endüstrinin Atıksu Arıtma Şeması..... 33
Şekil 5.1.4.1.1	İnert KOİ Bileşenleri..... 36
Şekil 5.1.4.2.1	OTH'ın Zamanla Değişimi..... 38
Şekil 6.2.2.1	Numune 2 İçin OTH'ın Zamanla Değişimi..... 47

KISALTMALAR

AKM	: Askıda Katı Madde (mg/l)
UAKM	: Uçucu Askıda Katı Madde (mg/l)
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/l)
BOİ ₅	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı (mg/l)
TKN	: Toplam Kjeldahl Azotu (mg/l)
NH ₃ -N	: Amonyak Azotu (mg/l)
C _T	: Toplam KOİ (mg/l)
C _S	: Toplam Çözünmüş KOİ (mg/l)
C _I	: Toplam İnert KOİ (mg/l)
S _T	: Toplam Süzölmüş KOİ (mg/l)
S _I	: Süzölmüş İnert KOİ (mg/l)
S _S	: Kolay Ayrışan Organik Madde (mg/l)
S _P	: Çözünmüş Mikrobiyal Ürünler (mg/l)
S _H	: Hızlı Hidroliz Olabilen Organik Madde (mg/l)
S _R	: Arıtma Tesisi Çıkış Atıksuyundaki Çözünmüş KOİ (mg/l)
X _T	: Toplam Partiküler KOİ (mg/l)
X _I	: Partiküler İnert KOİ (mg/l)
X _S	: Yavaş Ayrışan Organik Madde (mg/l)
X _P	: Partiküler Mikrobiyal Ürünler (mg/l)
X _H	: Heterotrofik Biyokütle (mg/l)
Y _H	: Heterotrofik Dönüşüm Oranı (mg.KOİ/mg.KOİ)
OTH	: Oksijen Tüketim Hızı

BİR TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARINDA TOKSİSİTE-KOİ BİLEŞENLERİ İLİŞKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Bu çalışmada, altkategorisi pamuklu ve polyester boyanmış kumaş olan bir tekstil endüstrisi ham ve arıtılmış atıksularında *Daphnia magna* ile toksisite izlenmiş, ham atıksuda biyolojik arıtılabilirlik için önem taşıyan KOİ bileşenleri ve ozonlama sonrası biyolojik arıtılabilirlikteki değişim belirlenerek toksisite-KOİ bileşenleri ilişkisi araştırılmıştır. Yedi bölümden oluşan bu çalışmanın kapsamında,

Birinci bölümde çalışmanın önemi ve amacı verilmiştir.

İkinci bölümde tekstil endüstrisi altkategorileri, kullanılan ham maddeler (reaktif boyar maddeler vb.), üretim ve proses işlemleri, atıksu kaynakları ve ham atıksu karakterizasyonundan bahsedilmektedir.

Üçüncü bölümde KOİ bileşenlerinin belirlenebilmesi için gerekli kavramsal yaklaşım literatür ile birlikte açıklanmıştır. Ayrıca ozonlamanın KOİ bileşenleri üzerindeki etkileri yine literatürler ile birlikte verilmiştir.

Dördüncü bölümde toksisite tanımı yapılmış, toksisite giderme ve azaltma yaklaşımları açıklanmıştır.

Beşinci bölümde deneysel çalışmanın planlanması, tekstil endüstrisinin tanımı, prosesten alınan atıksu karakterizasyonları ve toksisite ölçümleri ile verilmiştir.

Altıncı bölümde deneysel sonuçlar verilmiştir. Yapılan çalışma sonunda %50 seyrelme ile çalışılan üç numuneninde ham atıksuları %100 toksik etki göstermiştir. 1. ve 2. numunelerin ozonlama öncesi ve sonrası toplam ve süzölmüş reaktörlerinde toksisiteye rastlanırken, 3. numunenin reaktörlerinde aynı uygulamalarda toksisiteye rastlanmamıştır. Ozonlama ile 2. ve 3. numunelerin çözönmüş inert kısımlarında %10 giderim elde edilmiştir. Çözönmüş inert KOİ değerlerinin üç numunede de birbirine yakın olduğu görölmüş, sonuçlar toksisite-KOİ bileşenleri ilişkisinin tam olarak yorumlanmasında hesaplanan bu bileşenlerin yeterli olamayacağını göstermiş ve daha detaylı bir araştırmanın yapılması gerektiğini ortaya koymuştur.

INVESTIGATION OF THE RELATION BETWEEN COD FRACTIONS AND TOXICITY IN TEXTILE INDUSTRY WASTEWATER

SUMMARY

In this study raw and biologically treated wastewater of a textile industry processing cotton and polyester, toxicity were measured using *Daphnia magna*, COD fractions of raw wastewater were determined, the increase in biodegradability using ozonation and the relation between toxicity-COD fractions were investigated. The study covered seven chapters as following:

In the first chapter, the importance of the study is given and the scope of the study is explained.

In the second chapter, general concept on textile industry including sub-categorization, raw materials, i.e. dyes, reactive dyes and textile additives used in the process, water consumption and raw wastewater characteristics are given.

In the third chapter, conceptual approach for determination of COD fractions given in the literature is explained. The effect of pre-ozonation on biodegradability of wastewater by changing COD fractions is given.

In the fourth chapter, the toxicity identification (TIE) and toxicity removal (TRE) evaluations are explained.

In the fifth chapter, the experimental study phases including the description of the textile industry, the characteristics of three samples taken from the process wastewater equalization tank, the materials and methods for conventional and biological treatment based-characterization of raw wastewater, toxicity measurement are given.

In the sixth chapter, the results obtained from this study are given. All raw wastewater samples displayed 100 % toxicity on daphnids at 50 % dilution. The first and second samples were found toxic at the end of biological treatment based characterization at the sample dilution. On the other hand, the second sample was toxic even after ozonation. However, the third samples did not exhibit toxicity on daphnids after both biological treatability and ozonation reactors. The ozonation proved 10 % increase in SI removal for both 2nd and 3rd reactors compared to biological reactors. It was concluded that the determination of the COD fractions does not provide us to comprehend the toxicity identification and removal evaluations in the wastewater. A further study starting from the conventional parameters-toxicity relation evaluation enhanced using COD fractions will be necessary.

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Anlamı ve Önemi

Tekstil endüstrisinde kullanılan sentetik boyar maddelerin kullanımı günümüzde artış göstermekte ve kullanım sırasında arta kalan boyalar göz önüne alındığında bu atıkların çevreye olan etkilerinin önemi açıkça görülebilmektedir. Diğer yandan tekstil endüstrisinde boyalar dışında kullanımı olan yardımcı materyallerin de çevre üzerindeki etkileri gözardı edilmemelidir. Gerek ham maddelerin gerekse yardımcı materyallerin yapısı incelendiğinde, bu maddelerin atıksu içinde toksik etki gösterdiği görülmüştür. Bu nedenle tekstil endüstrisi için uygulanmakta olan arıtma kademelerini de etkilemekte ve deşarj standartlarının sağlanmasında zorluklar çıkartabilmektedir.

Endüstriyel atıksuların çok çeşitli kirleticileri içermesi bakımından biyolojik arıtımındaki zorluklar ve istenen deşarj limitlerinin sağlanamaması atıksu bileşenlerinin iyi karakterize edilmesini gündeme getirmiştir. Atıksu arıtımında kümülatif bir parametre olması ve BOİ'ye göre çok daha kolay belirlenebilmesi KOİ'nin ölçümünü öne çıkarmıştır. Biyolojik arıtılabilirlik bazlı atıksu karakterizasyonu ile atıksudaki organik bileşiklerin kolay ve zor ayrışabilen, çözülmüş ve partiküler formda olması ortaya konmaktadır. Arıtma tesisi dizayn aşamasında bu formların dikkate alınmaması giriş atıksuyu yapısına bağlı olarak arıtılmış atıksudaki toksisiteyi de direkt etkilemektedir.

Bu nedenler doğrultusunda tekstil endüstrisi atıksularının arıtılmasına toksisite bazlı olarak yaklaşmış, biyolojik arıtılabilirlik ile ozonlamanın uygulanması sonucu elde edilen KOİ bileşenleri ile toksisite arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

2.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsam

Bu çalışmada, bir tekstil endüstrisi atıksularında *Daphnia magna* (su piresi) ile toksisite izlenmekte, ham atıksuda biyolojik arıtılabilirlik için önem taşıyan KOİ bileşenleri belirlenerek toksisite-KOİ bileşenleri ilişkisi araştırılmaktadır.

Bu amaç doğrultusunda tekstil endüstrisinin genel özellikleri ile tekstil endüstrisinde kullanılan boyalar hakkında bilgi Bölüm 2’de verilmiştir.

Bölüm 3’te deneysel çalışmaların gerçekleştirilmesinde takip edilen aşamalar anlatılmıştır. Bu amaçla tekstil endüstrisi atıksularının biyolojik arıtımı, KOİ bileşenlerinin belirlenmesi ile ilgili kavramsal yaklaşım tanımlanmış ve ozonlamanın biyolojik arıtmaya etkisi verilen çalışmalarla özetlenmiştir.

Bölüm 4’te toksisitenin izlenmesi ve giderilmesi amacıyla uygulanacak olan metodlar açıklanmış, toksisite izleme ve giderme yaklaşımları akım diyagramları ile verilmiştir.

Bölüm 5’de çalışılmış olan tekstil endüstrisinin üretim bilgileri, su kullanımı ve atıksu oluşumu, ve konvansiyonel atıksu karakterizasyonu hakkında bilgi verilmiştir.

Bölüm 6’da deneysel çalışmalar, sonuçlar ve deneysel sonuçların tartışmaları verilmiştir.

Bölüm 7’de elde edilen deney sonuçları birbirleriyle karşılaştırılmalı olarak yorumlanmış, çalışma sonunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi yapılmış ve öneriler getirilmiştir.

2. TEKSİL ENDÜSTRİSİ GENEL ÖZELLİKLERİ

Tekstil endüstrisi doğal, sentetik ve yapay elyafları kullanarak tekstil ürünleri üreten bir endüstri dalıdır. Tekstil endüstrisi doğal elyafların temizlenmesi ve iplik haline getirilmesi işlemlerini içermekte, ancak çırçırılama, kimyasal elyafların üretimi ve konfeksiyon tekstil endüstrisi kategorisinin dışında yer almaktadır. Tekstil endüstrisinde uygulanan işlemler doğal, sentetik ve yapay ipliklerinin hazırlanması; dokuma, örme veya başka yöntemler yardımıyla dokunmuş kumaş, örgü kumaş, halı gibi tekstil ürünleri elde edilmesi; elyaf, iplik, örgü kumaş ve dokunmuş kumaşa boya, apre, baskı gibi terbiye işlemleridir (Göknil ve diğ.,1984;Tünay,1996).

2.1. Tekstil Endüstrisinde Üretim

2.1.1. Hammaddeler

Tekstil endüstrisi hammaddesi elyaftır. Elyaflar kesik halde veya sonsuz uzunlukta filamanlar şeklinde bulunurlar ve doğal elyaflar, sentetik elyaflar, yapay elyaflar olmak üzere üç grupta toplanırlar. Doğal elyaflar hayvansal veya bitkisel kökenlidir. Hayvansal kökenli elyaflar, yün ipek gibi protein elyaflar şeklindedir. Bitkisel kökenli elyaflar ise pamuk, jüt ve keten elyaflar içinde yer alırlar ve selülozik elyaflar olarak da adlandırılabilirler. Sentetik elyaflar, selülozik olmayan organik maddelerden sentetik olarak üretilmektedir; başlıca sentetik elyaf türleri arasında polyester, naylon ve poliakrilik bulunmaktadır. Yapay elyaflar ise doğal selülozdan kimyasal proseslerin uygulanması sonucunda elde edilen elyaflardır. Yapay elyaflara örnek olarak asetat rayon ve viskoz rayon verilebilir (Tünay 1996; Germirli ve diğ.,1984; Sözen, 1991).

2.1.2. Üretim Proses ve İşlemleri

Tekstil endüstrisinde doğal ve üretilmiş elyaflar kullanılarak kumaş ve diğer tekstil ürünleri imal edilir. Tekstil endüstrisi doğal ve fabrikasyon ipliklerinin hazırlanması, dokuma, örme veya başka yöntemlerle kumaş, triko, halı gibi terbiye işlemlerinin

uygulanması faaliyetlerini içerir. Üretimdeki proses ve işlemler elyafa bağlı olmaksızın tanım olarak birbirine benzerdir. Tekstil endüstrisinin bütün kollarında yıkama, boyama, baskı gibi temel proseslere rastlanabilir. Ancak kullanılan elyafın özelliğine bağlı olarak farklı üretim proseslerine de rastlanabilir. Farklı elyaflar kullanıldığı taktirde kullanılan kimyasal maddeler değiştiğinden endüstride yer alan proses ve işlemlerin en çok kullanılan elyaf türlerine göre ele alınıp incelenmesi gerekmektedir. (Göknil ve diğ.,1984).

Tekstil esas olarak kuru ve yaş prosesler olarak aracılığıyla elde edilmektedir. Yaş prosesler kuru prosesleri takiben uygulanır ve büyük ölçüde boyama ve/veya apre işlemlerini içermektedir. Kuru prosesler ise, su kullanımı gerektirmediğinden dolayı kirlenme açısından önem taşımamaktadır (Sözen,1991). Kuru prosesler ile su kullanımı gerektiren ve yaş prosesler olarak adlandırılan işlemler aşağıda açıklanmıştır.

a) Kuru Prosesler

- 1) İplik Üretimi : Bu kademenin işlemleri arasında elyaftan iplik çekme, eğirme, çekerek büzme, daha sonraki işlemler için hazırlık adımı olarak bobinlere aktarma ve bükme bulunmaktadır.
- 2) İnce ve Uzun Ürünler : Üretim örgü ve büküm kademelerinden gelmektedir.
- 3) Açık Enli Ürünler : Üretim dokuma, tafting, keçeleştirme ve sağlamlaştırma, örgü ve floklaştırma adımları aracılığıyla gerçekleştirilmektedir (Sözen,1991).

b) Yaş Prosesler

- 1) Pişirme : Doğal ve sentetik malzemelerde bulunması istenmeyen maddelerin çıkarılması işlemidir. Malzemenin görünümünü güzelleştirmek ve çirçirlama sırasında pamuk liflerinin içerisine giren yaprak, yağ, parafin gibi yabancı maddeleri uzaklaştırmak için uygulanır. İşlemin uygulandığı sırada içinde deterjan veya sabun bulunan sıcak alkali çözeltiler (genellikle kostik soda veya soda külü) kullanılır. Pamuğun yetişmesi sırasında kullanılan kimyasal maddeler bu işlem uygulanırken atıksuya geçer. Bu sebeple ön terbiye atıksuları toksik özellikler gösterebilmektedir.
- 2) Hasıllama : pamuk elyafların dokuma sırasında sağlamlık kazanması için üstlerinin nişasta, modifiye nişasta, polivinil alkol, polivinil asetat, korboksimetil selüloz ve sakız gibi maddelerle kaplanması işlemidir. Bu işlem sırasında hasıllama

kazanlarından, tamburlardan, hasıl karıştırıcıdan, hasıllama alanından ve kalan hasıllama çözeltilerinin deşarj edilmesi ile atıksu oluşmaktadır. Atıksuyun miktarı az olmasına rağmen kirletici yükü yüksektir.

3) Hasıl Sökme : Hasıllama işleminden sonra kumaşa boyama, ağartma işlemlerinin yapılabilmesi için uygulanır. Hasıllamada kullanılan maddelerin büyük kısmı suda çözünmeyenlerinden enzimler, yüzey aktif maddeler, asitler, alkoller yardımıyla hasıl sökme işlemleri yapılır. İşlem sonrası oluşan atıksuyun karakteri, hasıllama için kullanılan maddelere bağlıdır. Atıksular yüksek BOİ ve katı madde içeriğine sahiptir.

4) Kasarlama : Kasar işlemi pamuk ve diğer elyafların parlaklıklarının artırılması ve yeşilvari olan doğal renklerinin giderilmesi için uygulanır. Yünlü kumaşlar için sadece açık tonlarda boyanacak kumaş ve trikotajlara uygulanır. Kasar işleminde hidrojen peroksit, sodyum hipoklorit veya sodyum klorür kullanılır. Bunun yanında kullanılan yardımcı kimyasal maddeler ise sülfürik asit, hipoklorik sit, kostik soda, sodyum bisülfid ve yüzey aktif maddelerdir.

5) Merserizasyon : İşlemden önce kumaş veya elyaf kuvvetli bir bazik çözelti ile ıslatılmaktadır. Uygulama işlem sırasında veya sonrasında olabilmektedir. Bu işlem selüloz bazlı elyaf, pamuk, viskon gibi malzemelere parlaklık kazandırmak için yapılmaktadır.

6) Apre-İkmal : Kumaşa su geçirmezlik, buruşmazlık, ateşe dayanıklılık, metal kaplama, saydamlık, çekmezlik vb. özelliklerin kazandırılması için yapılmaktadır.

7) Karbonizasyon : Kirli yün liflerinde bulunan bitkisel artıkların, yıkama ve diğer işlemler sırasında giderilemeyen kısmının uzaklaştırılması için yapılan kömürleştirme de denilen işlemdir. İşlem sırasında malzeme inorganik asitlerle veya ısıtılınca asidik özellik gösteren tuzlarla yüksek sıcaklıklarda işlem görmektedir.

8) Dinkleme : Kumaşa istenilen görünümün ve formunun verilebilmesi için yün liflerinin keçeleşme özelliğinden yararlanır. Dinkleme yağlı kumaş ve yıkanmış kumaş dinkleme olarak ikiye ayrılmaktadır.

9) Boyama : Elyafa, ipliğe ve kumaşa renk kazandırmak amacıyla yapılmaktadır. Boyama sürekli boyama, yarı sürekli boyama veya kesikli boyama olarak değişik sürelerde uygulanmaktadır (Sözen,1991).

2.2. Altkategorilerin Belirlenmesi

2.2.1. Tekstil Endüstrisi Atıksularında Altkategorizasyon

Altkategorizasyon yaklaşımı, aynı kategori içinde olduğu halde üretim farklılıkları olan veya aynı ürünün imalinde farklı proses ve işlemlerin uygulandığı tesislerin atıksularında meydana gelecek farklılıkların ortaya konulmasını amaçlamaktadır. Atıksuların özelliklerinin belirlenmesi ile her altkategori için uygun artıma teknolojisi tanımlanabilir ve bu tanımdan hareketle atıksu deşarj kalite kriterleri geliştirilebilmektedir.

Altkategorizasyon yapılırken sadece atıksu kalitesi benzerliği, gruplama için yeterli olmamaktadır. Gruplama sırasında pek çok faktör göz önüne alınmalıdır. Tekstil endüstrisindeki altkategorizasyonlar üretim işlemlerine, ürünlere, hammaddelere, su kullanımına ve atıksu karakteristiklerindeki benzerliklere dayanılarak yapılmaktadır.

Tekstil endüstrisinde atıksu miktarı ve karakterini etkileyen en önemli faktör hammadde kullanımınıdır. Hammaddeler pamuk, yün gibi doğal elyaflar ile yapay olarak elde edilen elyaflar ve bunların karışımından oluşmaktadır. Atıksu miktar ve karakterini etkileyen diğer önemli faktör, kimyasal maddeler ve su kullanımındaki değişikliklerdir (Germirli ve diğ.,1990a).

Endüstriye ait bilgilerle altkategorizasyonun oluşturulmasında kullanılan metodların başında elyafların cinsine (yün, pamuk, sentetik elyaf) göre sınıflandırma gelmektedir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre tekstil endüstrisi atıksuları yedi altkategoriyeye ayrılmaktadır (SKKY,1998).

- 1) Açık Elyaf, İplik Üretimi ve Terbiye
- 2) Dokunmuş Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri
- 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

Tekstil Endüstrisinde kullanılan hammaddeler, son ürünler, su kullanımı ve atıksu özelliklerinin benzerlikleri göz önüne alınarak, EPA'ya (Environmental Protection Agency) ait tekstil endüstrisi altkategorileri aşağıda verilmiştir (Göknil ve diğ.,1994)

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

Pamuk ve sentetik üretimi 3, 4, 5 ve 7. kategorilerin, halı üretimi dışındaki bütün yünlü kumaş işlemleri 1. ve 2. kategorilerin, halı üretimi de 3. ve 6. kategorilerin kapsamındadır. Her bir altkategoride uygulanan işlemler aşağıda açıklanmıştır.

Yapağı yıkama altkategorisi : Bu altkategoride ham yün elyaf ve diğer hayvan kıllarının temizlendiği tesisler bulunmaktadır. Yün elyaf ve hayvan kılları bir ön temizlemeyi gerektirmektedir. Dolayısıyla oluşan atıksu ve yapısı bakımından yapağı yıkama altkategorisi, tekstil endüstrisinin diğer altkategorilerinden ayrı bir özellik taşımaktadır.

Yünlü kumaş son işlemler altkategorisi : Bu altkategori yün elyafı, diğer hayvansal kıl veya yün elyafı-hayvansal kıl karışımı kumaşlara ağartma, yıkama, boyama, ateşe dayanıklı hale getirme, güve yemezlik vb. işlemlerinden birinin uygulanmasını kapsar. Karbonizlenmenin yer aldığı terbiye de bu altkategori kapsamındadır. Yünlü kumaş son işlemleri kategorisinde değişken kimyasal kullanımı olmakta ve altkategori yüksek kirlilik yükü oluşturmaktadır. Bu nedenle ayrı bir altkategori olarak ele alınmıştır. Bu altkategoride kendine has boyalar kullanılmaktadır.

Az su kullanılan işlemler altkategorisi : Bu altkategori altında iplik yapımı, dokuma, kumaş emprenyeleme, lastik kordu ve kord bezi emprenyenleme, halı tafting, halı tabanı yapımı gibi çok çeşitli kuru işlemler yapılmaktadır. Altkategorideki esas atık kaynağı kullanılan donanımdan sızma sonucu oluşan atıksu ve yıkama sularıdır.

Dokunmuş kumaş son işlemleri altkategorisi : Bu altkategori atıksu yükü bakımından tekstil endüstrisinin önemli bir altkategorisini oluşturmaktadır. Uygulanan işlemler hasıl sökme, yıkama, ağartma, merserizasyon, boyama, baskı ve apredir. Dokuma işlemi sırasında çözgü ipliklerinin yüzeyindeki elyaf uçlarını yatırarak tüylenmeyi önlemek, iplik yüzeyini kaplayarak sürtünmeden dolayı olan zedelenmeyi azaltmak ve iplik bünyesine girerek mukavemet ve elastikiyeti arttırmak için yapılan hasıllama işleminde ipliklere tatbik edilen hasıl maddesi ile birlikte küf gidericiler, mantar öldürücü ilaçlar gibi önceden koruyucu amaçla kullanılmış kimyasal maddeler ve diğer yabancı maddelerin uzaklaştırılması için hasıl sökme diye tanımlanan işlemler uygulanır.

Örgü kumaş son işlemleri altkategorisi : Bu altkategoride çoğunluğu örgü veya pamuklu sentetik kumaşlara yıkama, ağartma, boyama, baskı, apre işlemleri uygulanır. Dokunmuş kumaş son işlemlerinden farkı hasıllama, hasıl sökme ve merserizasyon işlemlerinin olmamasıdır. Bu sebeplerden dolayı kirlilik yükü az olmaktadır.

Halı üretimi son işlemleri altkategorisi : Halı üretiminde, bazı yün ve pamukluların dışında genellikle sentetik iplik kullanılmaktadır. Bu altkategori altında uygulanan işlemler yıkama, boyama, baskı ve apre işlemleridir. İşlemin çoğunluğu halı terbiyesidir. Halı tafting, halı tabanı yapımı veya iplik boyama işlemleri de bulunan tesisler bu altkategori kapsamındadır.

Stok elyaf son işlemler altkategorisi : Bu altkategoride dokunmuş kumaş son işlemlerden farklı olarak hasıllama ve hasıl sökme işlemleri yoktur. Örgü kumaş son işlemlerinden farkı ise merserizasyon ve su kullanımındadır. Kategoride elyafın yıkama, boyama ve son işlemleri yapılmaktadır. Dikiş ipliği, tekstil ve halı elyafı esas üretimi oluşturur. Elyaf doğal, sentetik ve bunların karışımından elde edilmektedir. Yıkama, temizleme, ağartma, merserizasyon, boyama ve son işlemleri bu altkategori kapsamındadır.

Dokusuz yüzeyli kumaş üretimi altkategorisi : Bu altkategori kapsamında yün, pamuk veya sentetik malzemenin tek başına veya karışım halinde mekanik termal ve/veya yapıştırıcılarla birleştirilerek dokusuz yüzeyli ürünlerin üretimi yapılmaktadır.

Keçeleştirilmiş yüzeyli kumaş üretimi altkategorisi : Dinkleme ve keçeleştirme işlemleri ile dokusuz yüzeyli ürünlerin üretimi bu altkategori kapsamındadır. Keçeleştirme işleminde kullanılan tipik elyaflar, yün, rayon ve yün-rayon-polyester karışımıdır.

Koza işleme ve doğal ipek üretimi altkategorisi : Bu altkategoride pişirme (koza kaynatma), ipek çekimi işlemleri ile ipek ipliği üretimi yapılmaktadır. Kozalardan lif uçlarının bulunarak çekilebilmesi için kozaların sıcak su ve buharla işlem görmesine pişirme veya koza kaynatma denir. Pişirmede amaç, liflerdeki serisin kısmını yumuşatmak ve bu sırada kozaların içerisinin suyla dolmasının sağlanmasıdır. İpek çekimi ise istenen numarada iplik edilebilmesi için belli sayıdaki kozadan gelen iplik tellerinin bir araya getirilerek sarılmasıdır.

2.3. Su Kullanımı, Atıksu Kaynakları ve Karakterizasyonu

2.3.1. Su Kullanımı

Tekstil endüstrisindeki her bir prosesteki su kullanımı, flote oranına bağlı olarak değişmektedir. Kullanılan birim su hacmi başına işlenen tekstil kütlesi flote oranı olarak tanımlanabilir ve ton kumaş/m³ su birimiyle ifade edilmektedir. Yıkama işlemlerindeki flote oranı 1:5-1:50 arasında değişmekte, fakat genelde flote oranı büyük ölçüde 1:10 seviyesinde olmaktadır. İşleme ile apre ve ikmal işlemlerindeki flote oranı yıkama ve durulama işlemlerindeki değerde olabileceği gibi, 1:1 flote oranının kullanıldığı sürekli sistemlerdeki gibi de olabilir (Sözen,1991). Tekstil endüstrisindeki su kullanımı yıkama ve durulama işlemlerinde çok miktarda suya gereksinim olduğundan diğer işlemlere göre fazladır. İşlenen elyaflara veya altkategorilere göre kullanılan su miktarı incelenebilmektedir. İncelemeler sonucunda aynı elyafın işlendiği veya aynı altkategorinin yer aldığı farklı işletmelerde kullanılan su miktarının aynı olmadığı görülebilir. Kullanılan su miktarı proseslerde uygulanan yöntemlerin, kullanılan ekipmanların ve kimyasal maddelerin

farklılığına bağlı olarak bazen geniş aralıklarda değişmektedir (Göknil ve diğ.,1984;Tünay,1996a)

2.3.2. Atıksu Kaynakları

Tekstil endüstrisinde atıksu oluşturan işlemler Tablo 2.3.2.1’de gösterildiği gibi altkategorilere göre düzenlenebilmektedir (EPA,1978)

Tablo 2.3.2.1 Tekstil Endüstrisi Alt Kategorilerinde Atıksu Kaynakları

<i>ALTKATEGORİLER</i>	<i>ATIKSU OLUŞTURAN İŞLEMLER</i>
Yapağı Yıkama	Yıkama Durulama
Yünlü Kumaş Son İşlemler	Boyama Ağartma Yıkama Durulama Karboniz ve Yıkama Dinkleme ve Yıkama
Az Su Kullanılan İşlemler	Hasıllama
Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri	Hasıl Sökme Pişirme-Yıkama Merzerize-Yıkama Ağartma-Yıkama Boyama-Yıkama Basma Apre-İkmal
Örgü Kumaş Son İşlemler	Yıkama Pişirme-Ağartma Boyama Basma Apre-İkmal
Halı Üretimi Son İşlemleri	Boyama veya Baskı Kurutma Lateks Kaplama
Stok ve Elyaf Son İşlemleri	Boyama Ağartma Merzerizleme Yıkama
Dokusuz Yüzeyle Kumaş Üretimi	Yapıştırma

Keçeletirilmiş Kumaş Üretimi	Durulamalar
Koza İşleme ve Doğal İpek Üretimi	Pişirme İpek Çekimi Serisin Giderme Ağartma Boyama Yıkama Avivaj Şarj

2.3.3. Tekstil Endüstrisi Atıksularında Kirletici Parametreler

Tekstil endüstrisine ait atıksuların kontrol altına alınması ve deşarj kalite limitlerine temel oluşturacak kirletici parametrelerin belirlenebilmesi için tekstil endüstrisi atıksularında bulunabilecek bütün kirletici parametreler teker teker incelenmelidir. Parametrelerin seçiminde şu faktörler göz önünde tutulmalıdır (Göknil ve diğ.,1984)

- 1) Seçilen kirletici parametre atıksu için karakteristik olmalıdır.
- 2) Kirletici parametrelerin kaynağı kontrol açısından belli olmalıdır.
- 3) Kirletici parametrelerin çevreye etkileri belirlenmelidir.
- 4) Kirletici parametreler belirli yöntemlerle arıtılabilir olmalıdır.
- 5) Seçilen kirletici parametreler belirli bir duyarlılıkla ölçülebilmelidir.

Tekstil endüstrisi atıksularının kontrolü amacıyla en uygun arıtma teknolojisine bağlı olarak deşarj kalite limitlerini oluşturacak parametrelerin belirlenmesinde, bu endüstri dalının birbirinden oldukça farklı üretim yapan, bu sebeple de atıksu karakteristikleri çok farklı ve geniş aralıkta değiştiğini dikkate almak gerekmektedir. Buna göre tekstil endüstrisindeki atıksuları karakterize eden başlıca kirletici parametreler KOİ, AKM, yağ-gres, renk, toplam krom, toplam sülfür, yüzey aktif maddeler, pH ve sıcaklıktır (Göknil ve diğ.,1984). Tablo 2.3.3.1'de Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre tekstil endüstrisi atıksularının alıcı ortama deşarj standartları verilmektedir.

Tablo 2.3.3.1 Su Kirliliği Yönetmeliği'ne Göre Tekstil Endüstrisi Atıksularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları (2 saatlik Kompozit)

Parametre	Birim	Açık Elyaf, İplik Üretimi ve Terbiye	Dokunmuş Kumaş Terbiyesi Ve Benzerleri	Pamuklu Tekstil ve Benzerleri	Yün Yıkama, Terbiye, Dokuma ve Benzerleri	Örgü Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri	Halı Terbiyesi ve Benzerleri	Sentetik Tekstil Terbiyesi ve Benzerleri
BOI ₅	mg/l	80	90	90	200	50	120	100
KOİ	mg/l	350	400	250	400	300	300	400
AKM	mg/l	-	140	160	400	-	160	-
Amonyum Azotu	mg/l	5	5	5	5	5	5	-
Serbest Klor	mg/l	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-
Toplam Krom	mg/l	2	2	2	2	2	2	-
Sülfür	mg/l	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Süfit	mg/l	1	1	1	1	1	1	-
Çinko	mg/l	-	-	-	-	-	-	12
Fenol	mg/l	-	1	-	-	1	1	1
Yağ-Gres	mg/l	10	-	10	200	10	10	-
Balık Biyodeneyi	ZSF*	4	4	4	-	4	-	3
pH		6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9

*Zehirlilik Seyreltme Faktörü

2.3.4. Atıksu Karakterizasyonu

Tekstil endüstrisinde sayıları çok fazla ve birbirinden farklı olan ürünlerin üretimi gerçekleşmektedir. Kullanılan hammaddeler ile üretim farklılıkları başlar ve dokuma, örme, keçeleştirme ve benzeri işlemler ile yan ürünlerde meydana gelmektedir. Son işlemler olarak adlandırılan mercerizasyon, ağartma, boyama ve apre işlemleri sonucunda ise en fazla çeşitliliğe ulaşılmaktadır. Bu çeşitlilik tekstil endüstrisi atıksularında da kendini göstermektedir (Tünay,1988).

Kesin ortalama değerler vermek tekstil endüstrisi atıksuları için mümkün değildir. Bazı yaklaşımlar ve karşılaştırmalar yardımıyla atıksu karakteri belirli bir çerçevede gösterilebilir. Bazı durumlarda tekstil endüstrisi atıksuları kirletici potansiyeli evsel atıksuya oranla daha düşük olabilmektedir. Türkiye’de tekstil endüstrisi için yapılan çalışmalardan elde edilen atıksu karakterizasyonu Tablo 2.3.4.1’de verilmektedir. Tablodaki jean yıkama işlemi ayrı bir altkategori olarak ele alınmıştır (Orhon ve diğ.,1996). EPA altkategorizasyonuna göre tekstil endüstrisi atıksu karakterizasyonu ise Tablo 2.3.4.2’de verilmektedir (EPA,1978).

Tablo 2.3.4.1 Türkiye’ye İlişkin Tekstil Endüstrisi Atıksuyu Karakterizasyonu
(Orhon ve diğ.,1996)

Parametre → Altkategori ↓	Ortalama Konsantrasyon(mg/l)						
	KOİ	BOİ ₅	AKM	Yağ- Gres	T.Krom	Fenol	Sülfür
Yün Yıkama	9000	3000	4000	3000	-	-	-
Keçeleştirilmiş Kumaş Üretimi	1200	300	200	-	-	-	1
Örgü Kumaş Son İşlemleri	1000	350	300	53	0.5	0.24	0.2
Stok ve İplik Son İşlemleri	1200	500	40	100	5	-	2

Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri	1200	650	300	14	0.04	0.04	3
Halı Son İşlemleri	2000	700	100	30	0.005	0.001	0.002
Dokusuz Yüzeyle Kumaş İşlemleri	3850	1230	80	-	-	-	-
Jean Yıkama İşlemi	1000	300	300	-	-	-	-

Tablo 2.3.4.2 EPA Altkatagorizasyonu'na İlişkin Tekstil Endüstrisi Atıksu Karakterizasyonu (EPA,1996)

Altkategori → Parametre ↓ (mg/l)	Yapağı Yıkama	Yünlü Kumaş Son İşlemleri	Az Su Kullanılan İşlemler	Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri	Örgü Kumaş Son İşlemleri	Halı Üretimi Son İşlemleri	Stok ve Elyaf Son İşlemleri
KOİ	30000	1040	1000	1200	1000	1000	800
AKM	8000	130	200	300	300	120	75
Yağ-Gres	5500	-	-	14	53	-	-
T.Krom	0.05	4	0.014	0.04	0.05	0.42	0.27
Fenol	1.5	0.5	-	0.04	0.4	0.13	0.12
Sülfür	0.2	0.1	-	3	0.2	0.14	0.09
pH	8	7	10	10	8	8	11
Sıcaklık	28	60	21	37	40	20	38
Su Kullanımı m ³ su/ton kumaş	35	35	12	112	150	70	150

2.4. Tekstil Endüstrisinde Kullanılan Boyalar

Boyalar üzerlerinde buldukları nitrozo, nitro, azo, azoik, antrakinon, indigoit vb. kromofor gruplarına göre ve asit, bazik, dispers, vat, reaktif, direkt vb. gibi uygulama metodlarına göre sınıflara ayrılırlar (Correia ve diğ.,1994).

Boyama teknolojisinde boyar maddenin kimyasal yapısı ile değil boyar maddenin hangi metodla elyafı boyadığına bakılır ve boyar maddenin sınıflandırılması boyama özelliklerine göre yapılır.

- 1) Bazik (Katyonik) boyarmaddeler
- 2) Asit boyarmaddeleri
- 3) Direkt boyarmaddeleri
- 4) Mordan boyarmaddeleri
- 5) Reaktif boyarmaddeleri
- 6) Vat boyarmaddeleri
- 7) Kükürt boyarmaddeleri
- 8) Dispers boyarmaddeler
- 9) Azoik boyarmaddeler
- 10) Metal kompleks boyarmaddeler

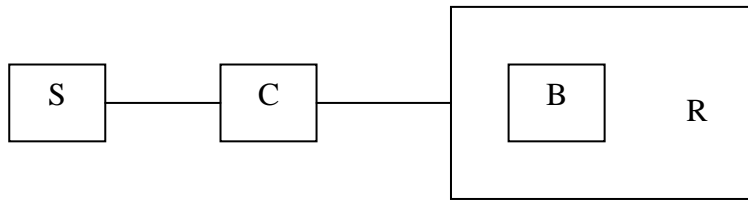
Bu çalışmada atıksu alınan endüstride kullanılan boyar maddelere ait açıklamalar aşağıda yapılmıştır.

2.4.1. Reaktif Boyarmaddeleri

Reaktif boyar maddeler lif makromolekülleriyle reaksiyona girebilme ve liflere gerçek kovalent bağlarla bağlanabilme özellikleriyle diğer boyar maddelerden farklılık göstermektedir. Aktif gruplar yündeki amino ve hidroksil, selülozdaki hidroksil ve poliamidlerdeki amino gruplarıdır. Reaktif boyar maddeler bu gruplarla bağ yapabilen fonksiyonel gruplar bulundurlar. Kovalent bağ alkali ortamda oluşmaktadır ve mordonlardaki metal kompleks bağlarından daha sağlamdır. Kimyasal yapıları elyafa bağlanan ve renk veren bir kromofor grubu, elyafın aktif grubuyla reaksiyona giren bir reaktif grubu, reaktif ve kromofor gruplarını bağlayan

bir köprü grubu ve kromofor gruba tutunmuş suda çözünürlüğü arttıran bir veya daha fazla sülfonik asit grubu içerirler.

Reaktif boyar maddeler genellikle pamuk ve rayon gibi selülozik elyafların boyanmasında kullanılır. Ayrıca bazen yün, ipek, naylon ve deri boyamasında da kullanılabilirler. Fiksasyonun sağlanması amacıyla çok miktarda tuz kullanılır. Buna rağmen boya banyolarından önemli miktarda fikse olmamış reaktif boya, tuz ve banyonun reaktif boyadan temizlenmesi için kullanılan anyonik deterjan gelmektedir. Bir reaktif boyarmaddenin karakteristik yapısı şematik olarak şu şekildedir (Arıcı, 2000)



Şekil 2.4.1.1 Reaktif Boyarmaddelerin Karakteristik Yapısı

S grubu suda çözünülebilmeyle ifade etmektedir. Moleküle çözünürlüğü sağlayan grup, selülozu ve protein elyafını boyayabilen reaktif boyarmaddelerdeki 1-4 adet sülfonik asit grubudur.

C grubu ise moleküle renk vermektedir. Molekülde renk verici molekül olarak sınıflandırma da görülebilir. Genellemenin yapıldığı takdirde basit monoazo ve disazo yapısında sarı, kırmızı ve turuncu boyarmaddelerin, bakırlı mono ve disazo yapısında mor, koyu kırmızı ve lacivert renklerin bulunduğu, parlak ve açık mavi renklerinin ise antrakinon ve ftalosiyenin türevleri olduğu söylenebilir.

B grubu köprü bağlarını ifade etmektedir. Moleküldeki renkli grubu reaktif gruba bağlayan gruplar -NH-, -CO-, -SO₂- olarak gösterilebilir. Bu bağlar köprü görevi görmekten başka reaktif grubun reaktivitesi üzerine etki ederler. Örnek olarak bir amino köprüsü reaktiviteyi on kat azaltabilir. Bu durum sonucunda bağlanma hızı düşer. Köprü bağlarının bir diğer özelliği ise boyarmadde ile elyaf bağının ayrılmasını önlemesidir.

Reaktif grup R sembolü ile gösterilmektedir. Elyaftaki fonksiyonel grup ile kovalent bağ oluşturan gruptur. Bu grup boyarmaddeler, sülfonik asit gruplarına, kromofor

gruplarına, fonksiyonel gruba ve elektrofilik yapıya bağlı köprü gruplarına sahip olduklarından çözünürlükleri su içerisinde artmaktadır (Arcı, 2000)

Reaktif boyarmaddelerin reaktivitesini etkileyen faktörler aşağıda verilmiştir:

Fonksiyonel grubun özellikleri

Heterosiklik halkanın yapısı

Heterosiklik halkaya sahip diğer substitüenlerin özellikleri.

Azot atomu sayısı heterosiklik yapıda arttıkça reaktif boyarmaddelerin reaktivitesi artar.

Reaktif boyar maddeler reaktivitelerine göre şu şekilde sıralandırılabilirler:

- 1- Reaktivitesi az, soğukta boyanan boyarmaddeler
- 2- Orta derecede reaktif, ılıkta boyanan boyarmaddeler
- 3- Reaktivitesi yüksek, soğukta boyanan boyarmaddeler.

Reaktif boyarmaddelerin boyanmasında tekstil yardımcı maddeleri, pH, sıcaklık önemli rol oynamaktadır (Arcı, 2000)

2.4.2. Dispers Boyarmaddeler

Dispers boyar maddeler amino ve hidroksil grubu içeren düşük molekül ağırlıklı bileşiklerdir. Sentetik elyaf polimerlerine dispersiyon yoluyla transfer edilirler. Elyaf üzerine çekilmesi denge halinde gayet iyidir, ancak elyafa olan difüzyonu oldukça yavaştır. Bu sebepten dolayı boyama uzun sürede gerçekleşmektedir. Uygulama sırasında bazen yüksek sıcaklık ve yüksek basınç gerekmektedir. Bu durum düşük sıcaklıktaki dereceleri daha iyi olan bu tip boyaların kimyasal reaksiyonlardaki hızını azaltmaktadır. Elyafa olan fiksasyonları % 80-92 arasındadır. Dispers boyar maddeler suda çözünen boyaları kabul etmeyen polyester ve diğer sentetiklerde kullanılabilirler. Yaygın olarak ise sentetik elyaflarda, esas olarak polyesterde ve selüloz asetat rayon, naylon, akrilik elyaf gibi malzemelerin boyanmasında kullanılabilirler.

2.4.3. Azoik Boyarmaddeler

Organik boyarmaddelerdeki en önemli sınıftır. Yapılarında kromofor grup olan azo (-N=N-) grubu bulundurlar. Gruptaki azot atomları sp^2 hibritleşmesi ile karbon

atomlarına bağlanırlar (Arıcı, 2000). Azoik boyarmaddeler selülozik elyaf (özellikle pamuk), rayon, selüloz asetat, keten, jüt, kendir ve bazen de polyesterlerin boyanmasında kullanılırlar. Bu tip boyarmaddeler iki kimyasal reaktif bileşikten meydana gelirler ve kumaşa iki ayrı kademedede uygulanırlar. Bu iki bileşğin reaksiyonu elyafta renkli azo kromoforunu oluştururlar. Azoik boyalar parlak ve koyu yeşil, oranj, kırmızı, maron, deniz mavisi, kahverengi ve siyah renkler oluştururlar.

3. TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ BİYOLOJİK ARITIMI

3.1. Kavramsal Yaklaşım

Biyolojik arıtma ve özellikle aktif çamur sistemleri tekstil endüstrisinde en yaygın kullanıma sahip arıtma teknolojileridir. Tekstil endüstrisi atıksularındaki düşük ayrışma hızı, uygulanan biyolojik arıtma bekletme sürelerinin uzun olmasına yol açmaktadır. Biyolojik arıtma sisteminin seçimi ve sistemin tasarım parametrelerinin belirlenmesi; hem arıtma performansı hem de arıtma tesisinin ilk yatırım ve işletme maliyetleri açısından önem taşımaktadır. Doğru sistem seçimi ve tasarımı ancak iyi belirlenmiş atıksu karakterizasyonu ve arıtılabilirlik verilerine dayanılarak gerçekleştirilebilir (Eremektar ve diğ., 1997).

Günümüzde, tek substrat ve biyokütle bileşenlerinden oluşan konvansiyonel aktif çamur sistemleri geçerliliğini yitirmiştir. Gerek atıksu karakterizasyonu açısından gerekse aktif çamur prosesinin daha iyi açıklanması ve anlaşılması için çok bileşenli modellere geçilmiştir. Günümüze kadar yaygın bir şekilde kullanılan iki bileşenli aktif çamur sistemlerinde çıkış kalitesinin giriş substrat konsantrasyonundan bağımsız olduğu varsayılmış ve çalışmalar çıkış substrat konsantrasyonlarının aynı karaktere sahip oldukları düşünülerek gerçekleştirilmiştir. Ancak yapılan birçok araştırma sonucunda çıkış suyu kalitesinin giriş substrat konsantrasyonuna bağımlı olduğu ve giriş substrat karakteri ile çıkış substrat karakterinin birbirinden farklı yapıda olduğu gözlenmiştir (Ubay ve diğ., 1999).

Aktif çamur sistemlerinde substrat biyolojik olarak ayrışır ve ortama biyolojik açıdan inert bazı ürünler bırakılır. Ayrıca günümüze kadar kullanılmış olan iki bileşenli aktif çamur modellerinde substrat ölçümlerinin yapılabilmesi için kullanılan KOİ, BOİ, TOK vs. gibi kollektif parametreler teorik olarak yeterli bilgiyi verememektedir. Bu nedenlerden dolayı günümüzde, reaktördeki biyokütle fraksiyonları ile giriş ve çıkış akımlarındaki çözülmüş substrat bileşenleri fraksiyonları hakkında daha gerçekçi bilgiler veren çok bileşenli aktif çamur modelleri kullanılmaktadır. (Dold ve diğ., 1980; Dold ve diğ., 1986;Ubay ve diğ., 1999).

3.1.1. Biyolojik Arıtılabilirlik Bazlı Atıksu Karakterizasyonu

Atıksudaki toplam KOİ, (C_{T0}) iki ana bileşenden oluşmaktadır: Toplam biyolojik olarak ayrışamayan ya da inert KOİ, (C_{I0}) ve toplam biyolojik olarak ayrışabilen KOİ, (C_{S0}). Toplam inert KOİ ise çözülmüş inert KOİ, (S_{I0}) ile partiküler inert KOİ, (X_{I0}) den oluşmaktadır. Çözülmüş inert KOİ sisteme girdiği gibi çıkış akımı ile değişmeden çıkar. Partiküler KOİ ise aktif çamur bünyesinde kalır ve çöktürme sonrası çamur uzaklaştırma ünitesine ulaşır.

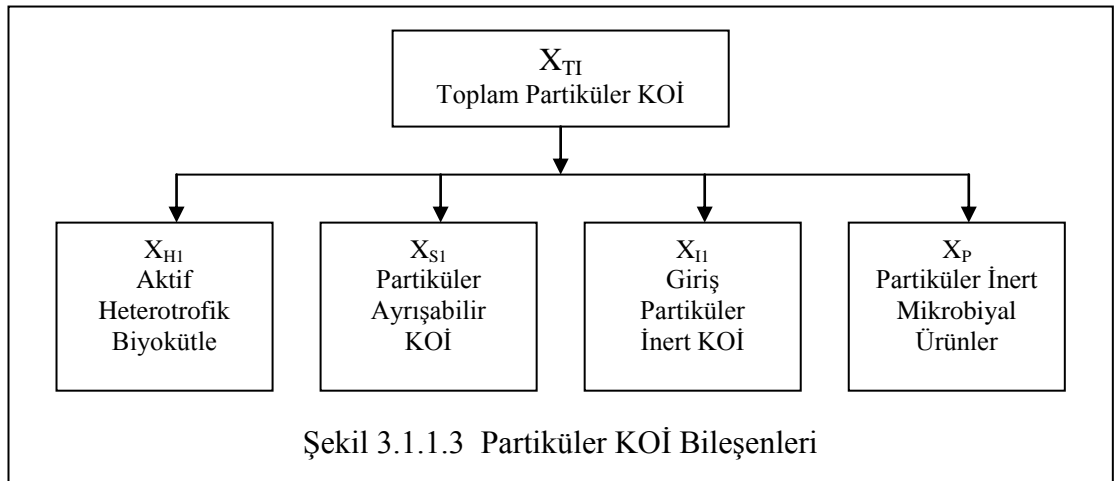
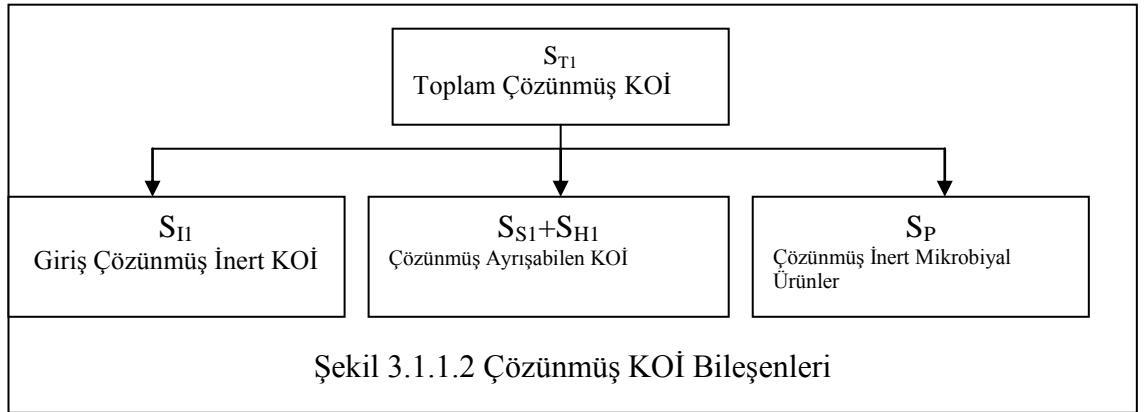
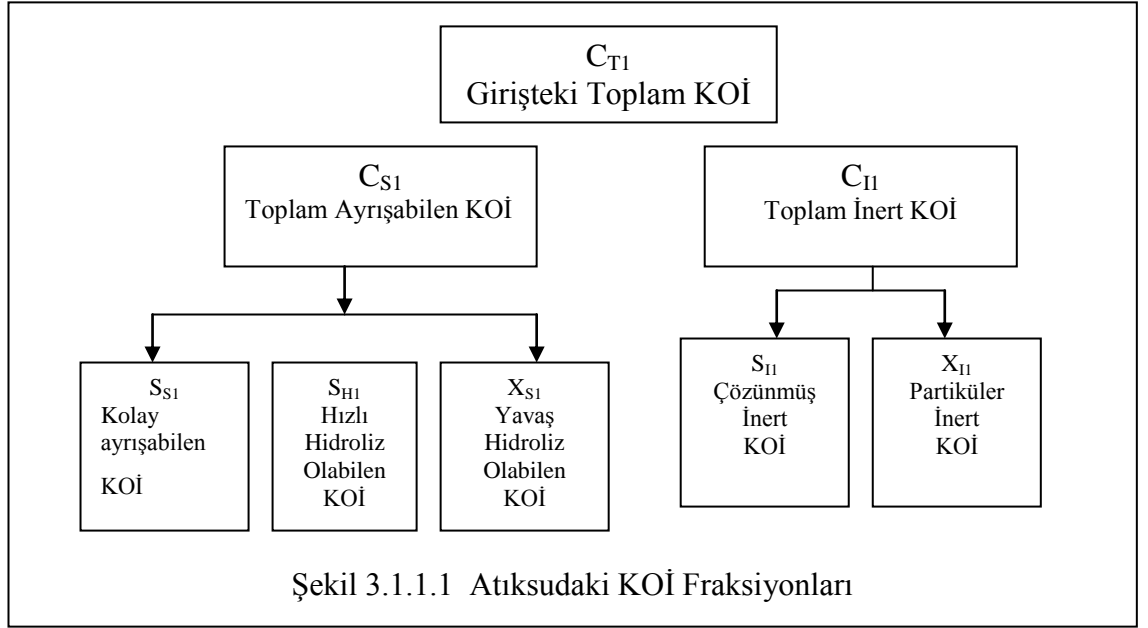
Biyolojik olarak ayrışabilen KOİ iki önemli fraksiyon ile tanımlanabilir (Dold ve Marais,1986); Kolay ayrışabilen KOİ, (S_{S0}) ve yavaş hidroliz olabilen KOİ, (X_{S0}). İki fraksiyonunun bu şekilde tanımlanmasının nedeni, fraksiyonların biyolojik olarak ayrışma hızlarının önemli ölçüde farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Her bir fraksiyon da biyolojik ayrışma hızına bağlı olarak kendi bünyesinde çok sayıda bileşenden oluşmaktadır (Dold ve diğ.1980).

Yavaş hidroliz olabilen kısmın partikül boyutuna göre çözülmüş, koloidal ve kompleks yapıda büyük organik partiküllerden oluştuğu bulunmuştur (Dold ve Marais,1986). Bu bileşikler hücre duvarlarından geçemezler ve adsorbe olabilmeleri için hücre dışı hidroliz olmaları gerekmektedir. Yavaş biyolojik parçalanabilen organik maddelerin kullanım hızından dolayı hidroliz hız sınırlayıcı adımı oluşturmaktadır. Hidroliz hızının atıksu içindeki farklı maddeler için değişiklik göstermesinden dolayı fraksiyonun karakterize edilmesi zor olmaktadır. Yeni bir yaklaşım (Henze ve diğ., 1987) yavaş hidroliz olabilen KOİ, (X_{S0}) ve hızlı hidroliz olabilen KOİ, (S_{H0}) şeklindedir (Şekil 3.1.1.1).

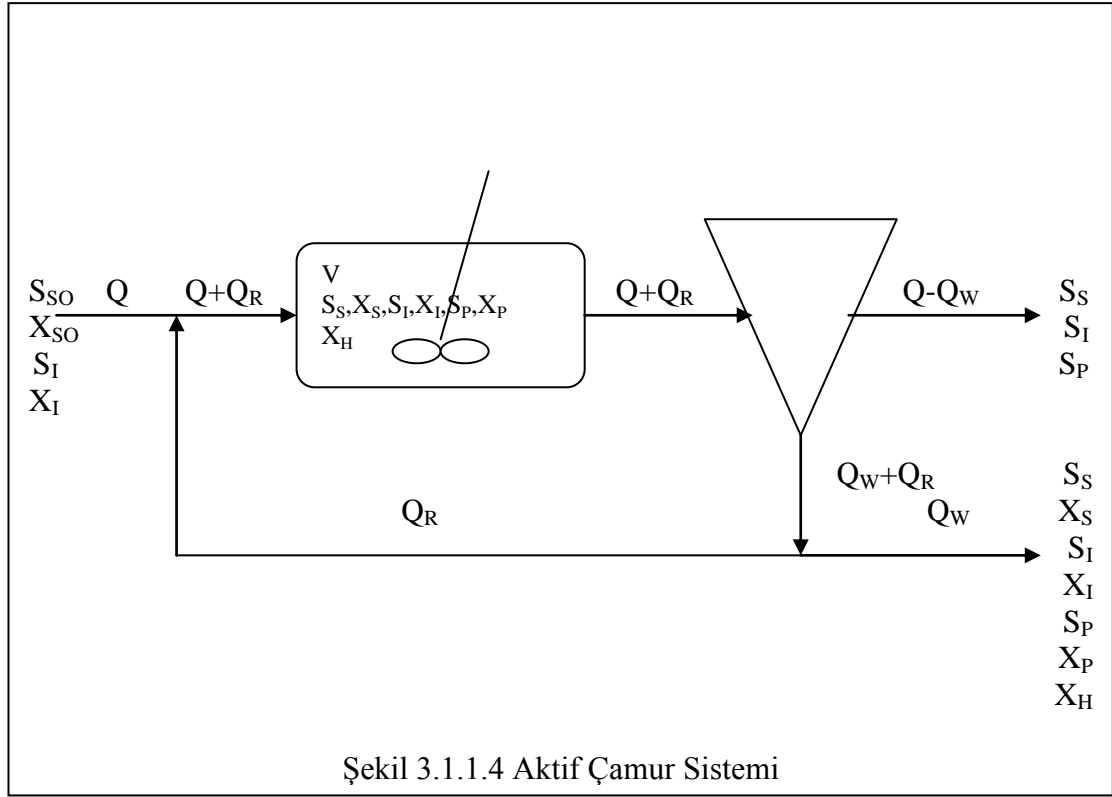
Toplam çözülmüş KOİ bileşenleri, (S_{T0}) , atıksuda bulunan ve sistemi girdiği gibi terkeden biyolojik olarak ayrışamayan kısım, (S_{I0}), biyolojik olarak ayrışabilen KOİ, (S_{S0}), hızlı hidroliz olabilen KOİ, (S_H) ve metabolik olarak oluşan çözülmüş inert mikrobiyal ürünlerden, (S_P) oluşmaktadır. Bu nedenle çıkış atıksuyu ham atıksuya göre daha fazla çözülmüş inert içermektedir (Orhon ve diğ.,1989)

Partiküler KOİ ise aktif çamur sisteminde şu bileşenlerden oluşmaktadır: Biyolojik olarak parçalanabilen KOİ, (X_{S0}), biyolojik olarak parçalanabilir KOİ yi kullanan ve reaktör içinde tutulan biyokütle, (X_{H0}), atıksuyun içerisinde bulunan ve biyolojik çamurda tutulan KOİ, (X_{I0}), içsel solunum sırasında mikrobiyal metabolik faaliyetler

sonucu oluşan ürünler, X_p . Karışım sıvısındaki KOİ fraksiyonları Şekil 3.1.1.2, Şekil 3.1.1.3'de görüldüğü gibidir (Orhon ve diğ.,1989).



Aktif çamur sisteminin şematik gösterimi Şekil 3.1.1.4’de gösterilmiştir.



Yukarıdaki bilgiler ışığında tekstil endüstrisi atıksularında KOİ bileşenlerinin belirlenmesi için yapılan çalışmalar Tablo 3.1.1.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1.1.1 Tekstil Endüstrisi KOİ Bileşenleri

Altkategori	C_{T1}	S_{S1}/C_{T1}	S_{H1}/C_{T1}	S_{I1}/C_{T1}	X_{S1}/C_{T1}	Referans
Polyester kumaş	1985	0.15	0.39	0.21	0.19	Germirli ve diğ., 1998a
Pamuklu kumaş	1470	0.23	0.39	0.18	0.19	Germirli ve diğ., 1998a
Pamuklu-Polyester kumaş	2400	0.07	0.53	0.10	0.25	Germirli ve diğ., 1998a
Pamuklu kumaş	2300	0.18	0.57	0.07	0.16	Germirli ve diğ., 1998b
Pamuklu kumaş	955	0.09	0.28	0.34	0.29	Karahan ve diğ., 2002

3.1.2. Ozonlamanın Biyolojik Arıtma Öncesi Kullanımı

Ozonlama çevre mühendisliğinde su ve atıksu arıtımı olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. Biyolojik arıtma öncesi uygulanan çeşitli ozon dozajları ile atıksu içerisindeki biyolojik olarak ayrışamayan KOİ'nin değişimleri izlenebilmekte ve ozonlamanın biyolojik arıtılabilirliğe olan etkisi gözlenebilmektedir.

Krull ve diğ.(1998), ozonlama prosesini biyolojik arıtmanın verimini arttırmak için kullanmışlardır. Aerobik arıtma sonuna ilave edilen ozonlama ile biyolojik arıtma sonunda parçalanamayan yüksek moleküllü bazı bileşikler biyolojik olarak parçalanabilen düşük moleküllü bileşiklere dönüştürülmüş ve tekrar biyolojik arıtmaya sokularak ozonlama sonrasındaki arıtma verimi izlenmiştir. Aynı atıksuya 3 kez uygulanan ozonlamanın çalışma sonucunda biyolojik arıtılabilirliği arttırdığı görülmüştür.

Karahan ve diğ. (2002), ozonlama prosesini iki adımda gerçekleştirmişlerdir. İlk aşamada düşük ozonlama süresinde (5 dakika) farklı ozon dozajlarında çalışmışlar ve optimum ozon dozajı olan 62 mg/dak. değerine ulaşmışlardır. İkinci adımda ise bulunmuş olan optimum ozon dozajında ozonlama sürelerini belirli kademelerde artırarak toplam ve çözünmüş KOİ'deki değişimleri incelemişlerdir. Çalışmalar sonucu ozonlama sonrası uygulanan biyolojik arıtma ile optimum dozda 30 dakikalık ozonlama ile atıksudaki toplam KOİ değerinde % 32, çözünmüş inert kısımda % 18, kolay ayrışabilen kısımda % 22, yavaş ayrışan kısımda % 36 ve hızlı hidroliz olabilen kısımda ise % 33 giderimlerin sağlandığı görülmüştür.

Biyolojik arıtılabilirlik öncesi ozonlamanın etkisini inceleyen bir diğer çalışma ise Orhon ve diğ. (2002)'e aittir. Bu çalışmada optimum ozon dozajı 40 mg/dak. olarak belirlenmiş ve belirli zaman aralıklarında atıksuya ozonlama yapılmıştır. 30 dakikalık ozonlama sonucunda atıksudaki toplam KOİ de % 24, çözünmüş inert kısımda ise 15 dakikada 40 mg/dak. ozon dozajı ile % 16 giderim sağlanmıştır.

Doğruel ve diğ. (2002)'de , KOİ fraksiyonları üzerinde ozonlamanın etkisini incelemiştir. Optimum ozon dozajı 62 mg/dak. olarak belirlenmiştir. Deney sonuçlarına bakıldığında 30 dakikalık ozonlama sonucu biyolojik arıtmadaki fraksiyonların giderim yüzdelerinin toplam KOİ için % 32, çözünmüş inert kısım için de % 16 olduğu görülmüştür.

4. TOKSİSİTE İZLEME VE GİDERME YAKLAŞIMI

4.1 Toksikite Giderme Yaklaşımı

Dünyada toksisite parametresi giderek yaygınlık kazanmakta ve parametre Avrupa Birliği direktifleri (EC/91/271 ve EC/91/676) deşarj limitlerini baz alan İtalya atıksu deşarj limitleri arasında yer almaktadır (D.Lgs 11 Mayıs 1999 tarihli resmi gazete, Ek.3). Toksikite parametresi bütün endüstriyel deşarjlar ve şehir evsel atıksu arıtma tesisi çıkış suları için tanımlanmıştır. Test edilen atıksunun yüzey sularına ve atıksu kanalına seyreltmeden deşarj edilebilmesi için sırasıyla % 50 ve % 80 seyreltmelerde zehirliliğin *Daphnia magna* organizmalarına tesir etmemesi gerekmektedir. Testlerde ayrıca *Daphnia magna* organizmalarının yanında *Ceriodaphnia dubia* (protozoa), *Selenastrum capricornutum* (alg), MikrotoxTM, ın tatlı sularda, *Artemia salina* (tuzlu su algi) ‘nin ise tuzlu su numunelerinde kullanabileceği belirtilmiştir. Yeni geliştirilmekte olan testler ise Ulusal Çevre Koruma Teşkilatı (ANPA)’nca doküman haline getirilmiştir.

Endüstriyel atıksuların arıtımında uygulanan mevcut arıtma teknolojileri atığın uygun özellikte olmaması nedeniyle yeterli verimi sağlamamakta ve atıksuyun özelliğine bağlı olarak deşarj edilen alıcı ortamda atıksu bir zehirlilik etkisi göstermekte ve alıcı ortamın ekolojik özelliklerinin bozulmasına yol açmaktadır. Bu yüzden atıksuda zehirlilik etkilerinin görülebilmesi açısından toksisite izleme ve giderme çalışmaları yapılmalıdır. Ülkemizde çıkarılan su kalitesini koruma esaslı yönetmelikte bu konuda atıflardan bahsedilmiştir.

Türkiye’deki mevcut 04.09.1998 tarihli Su Kirlenmesi Kontrolü Yönetmeliği (SKKY)’ne bakıldığında balık zehirliliği baz alınarak, ”zehirli olarak tanımlanan bir maddenin belirli bir konsantrasyondan fazla olarak su ortamında bulunmasıyla insan sağlığının, çeşitli indikatör organizmaların sağlığı ve ekosistem dengesinin tehdit edilmesi; akut veya kronik hastalıklara, teratojenik, genetik bozulmalara ve ölçümlere yol açma özelliği” ve ZSF (zehirlilik seyreltme faktörü) ise “atıksuların

zehirlilik derecesini belirlemede kullanılan bir birim” şeklinde tanımlanmıştır. Fakat, söz konusu yönetmeliğin Tablo 25’inde yer alan atıksuların atıksu altyapı tesislerine deşarjında öngörülen atıksu standartları arasında ve deniz deşarjına izin verilebilecek atıksuların özellikleri ‘nin yer aldığı Tablo 22’de de ZSF değeri verilmemiştir.

10.03.1995 tarihli Su Ürünleri Tüzüğü Ek.6;”sulara boşaltulabilecek atıklar “ listesinde zehirlilik parametresi, “seyreltilmemiş atıkta test edilen balıkların 48 saat sonunda %20’sinden fazlası ölmemelidir” ibaresi ile tanımlanmıştır.

11 Aralık 1999 tarihli İSKİ kanalına deşarj için ön arıtma limitleri arasında 48 saatlik balık biyodenyi tanımlanarak tolerans limiti (TL₅₀) %100 olarak tanımlanmıştır.

Zehirlilik izlenmesindeki prosedürler APHA, US EPA, ASTM, ISO, Environment Canada, OECD’ce tanımlanan prosedürlerdir. Test metotları ise aşağıda verildiği gibidir;

- kronik zehirlilik
- akut zehirlilik
- kısa süreli sub-lethal (ölün öncesi kademe) testi
- biyoakümülyasyon testi
- yaşam sürecinin en erken kademesinde uygulanan test

Her bir test kullanım amacına göre seçilir. Akut zehirlilik testinde 24 saat içinde sonuç alınmakta olup, çevre etkilerinin tanımlanmasında esas alınmaktadır.

Atıksu zehirlilik testleri aşağıdaki gibi bir çok amaç için yararlıdır:

- su yaşamı için uygun çevre şartlarının belirlenmesi,
- atıkların test canlılarına zehirlilik şeklinin ortaya konması,
- çözünmüş oksijen, pH, sıcaklık, tuzluluk, bulanıklık gibi parametrelerin uygun seviyelerinin belirlenmesi,
- atık zehirliliğine etkili çevresel faktörlerin ortaya konması,
- bir deşarja veya zehirli maddeye su canlılarının rölatif duyarlılıklarının test edilmesi,
- arıtma metotlarının etkinliğinin belirlenmesi,
- su kirlenmesi kontrolü ihtiyaçlarını karşılamak için atık arıtma miktarının belirlenmesi,

- izin verilebilecek atık arıtma oranlarının teknolojik bilgi birikimi ile tartışılması (Rand,1995).

Kimyasal ve fiziksel metotlar su canlılarının potansiyel etkilerini tahmin etmede yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle zehirlilik deneylerinin su kirlenmesi kontrolü açısından gerekliliği kaçınılmazdır. Standartlaştırılmış bir test kullanmanın avantajları:

1. deneysel sonuçların karşılaştırılabilmesi yaygınlaşmış verilerin yararını arttırır,
2. değişik laboratuvarlar tarafından bir ve ya daha fazla üniform ve yararlı seçim yapılmasını sağlar,
3. testin tekrar sayısı arttırılabilir ve böylece verilerin hassasiyeti arttırılmış olur,
4. rutin izleme amacına uygundur,
5. eğer uygulanan metot mahkemelerce kabul edilirse yasal avantaj sağlar,
6. testin (çok iyi tariflenmesi halinde) değişik personel tarafından uygulanabilmesine olanak sağlar,

şeklinde özetlenebilir (Rand,1995).

Zehirlilik test metotlarında çok sayıda canlı türleri amaca uygunluk kriterlerine göre dikkate alınmıştır. Bu kriterler aşağıda verildiği gibidir:

- Yaygınca ve bolca bulunabilen türler dikkate alınmalı,
- Türler arasında hassasiyet çok değişken olduğu için, mümkün olduğunca geniş bir aralıkta hassasiyet gösteren bir tür seçilmeli,
- Seçilen türler etkiye maruz kalan ekosistemi temsil etmeli,
- Seçilen türlerin laboratuvarda rutin bakımı olabilmeli ve ayrıca laboratuvarda yetiştirilebilmeli,
- Rekreatyonel, ticari ve ekolojik olarak önemli türler seçilmeli,
- Seçilen türün geçmişi ile ilgili bilgi olması halinde (fizyolojisi, genetik özellikleri, davranışı) elde edilen deneysel verilerin yorumlanması çok daha kolay yapılabilir,

şeklinde sıralanabilmektedir (Rand,1995).

Zehirlilik testleri için seçilen *Daphnia magna* 'nın kullanımının avantajları:

1. kısa sürede akut zehirlilik sonucu (24 saat) alınabilmektedir,
2. laboratuvar alt yapısı ve işletme giderleri düşüktür,

3. laboratuarda yetiştirilebilmeleri ve özellikle genetik özellikleri bakımından tüm organizmaların aynı olabilmesi kirleticilere karşı verdikleri tepkinin yorumlanmasını kolaylaştırmaktadır.

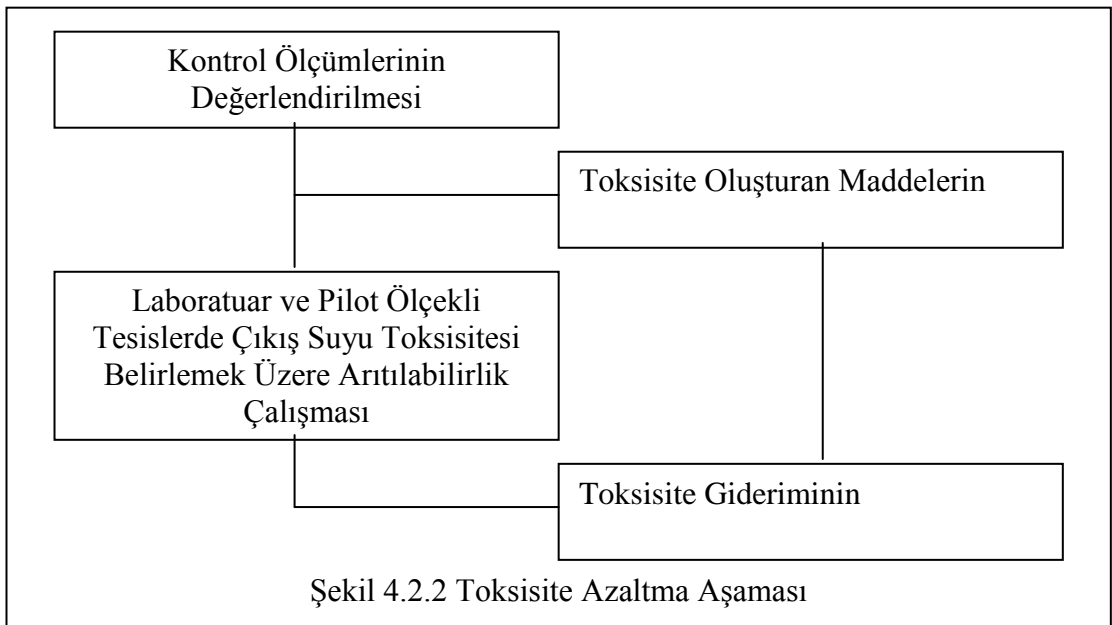
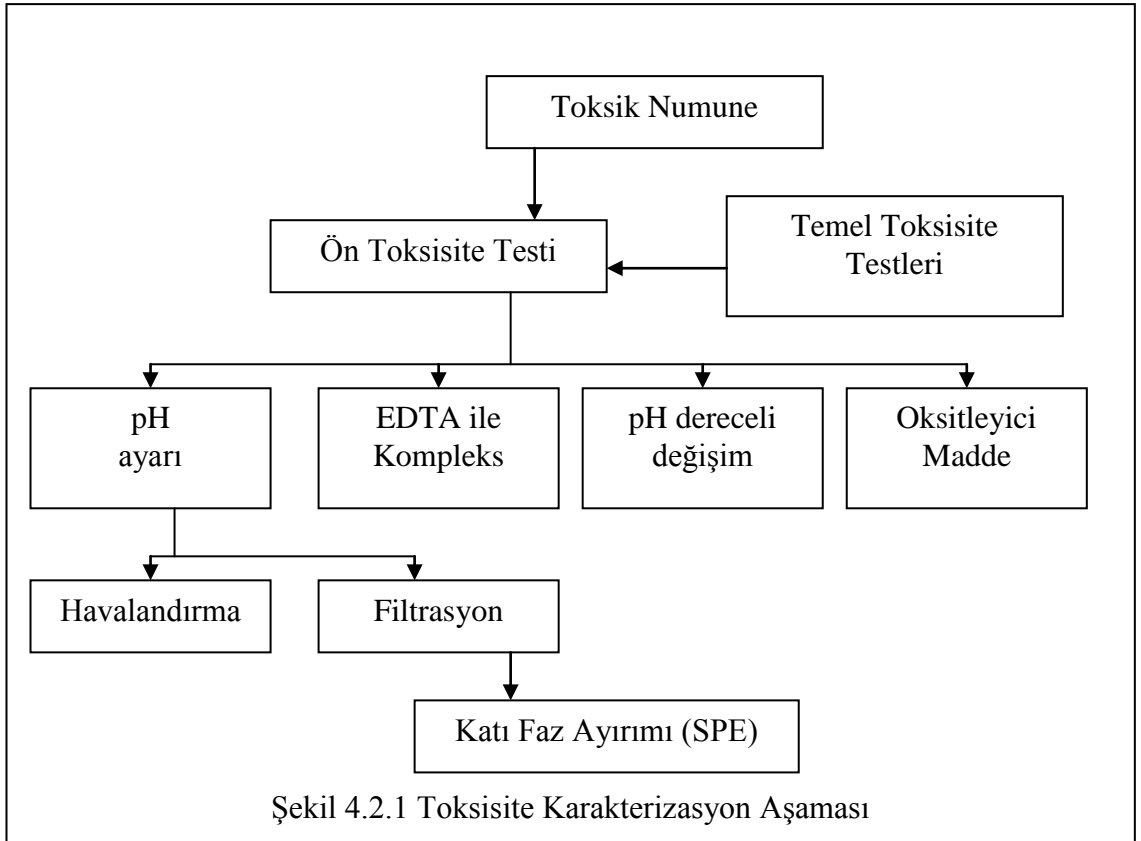
Zehirlilik testleri için seçilen *Daphnia magna* 'nın kullanımının dezavantajları:

1. pH, çözünmüş oksijen, sıcaklık, iletkenlik gibi çevre şartlarına çok duyarlıdırlar,
2. sadece ölüm oranı ile ilgili sonuç vermektedirler,
3. akut zehirlilik ölçümü için pek çok numunede hassasiyeti ortaya konmuş olmakla birlikte kronik zehirlilik ölçümünde hala tartışmaların mevcut olması,

şeklinde verilebilir (Meriç Pagano,2002).

4.2 Toksikite Azaltma Yaklaşımı

Zehirliliğin belirlenmesi (TIE) ve zehirliliğin azaltılması (TRE) gibi toksisite ölçülmesinde izlenen yaklaşımlar atıksu için tanımlanan standartların sağlanmasında önemlidir. USEPA, TIE ve TRE için verilen sistem Şekil 5.2.1 ve Şekil 5.2.2’de verilmiştir (Fort ve diğ., 1996)



Birinci aşama olan toksisite karakterizasyonu aşamasında atıksu üzerinde bir ön toksisite araştırması yapılmaktadır ve eğer atıksu toksik ise standart toksisite testleri ile toksisite doğrulanır ve toksisitenin giderilmesi maksadıyla ikinci aşama olan toksisite azaltma aşaması uygulanmaktadır.

4.3. Tekstil Endüstrisi Atıksularında Toksikite İzleme ve Azaltma Yaklaşımları

Wang ve arkadaşları (2002) tekstil endüstrisinde kullanılan boyalar, yardımcı maddeler ve direk atıksuların bakterisi (*Vibrio fischeri*) üzerine toksisitesini incelemişler ve 15 dakikalık Microtox™ test sonucuna göre tekstil endüstrisi atıksularında toksisitenin varlığını, ancak Microtox™ metodunun bir ön toksisite araştırma için uygun olduğunu vurgulamışlardır. Alıcı ortamlarda toksisitenin ölçümü için bu metodun eksik kaldığı açıktır.

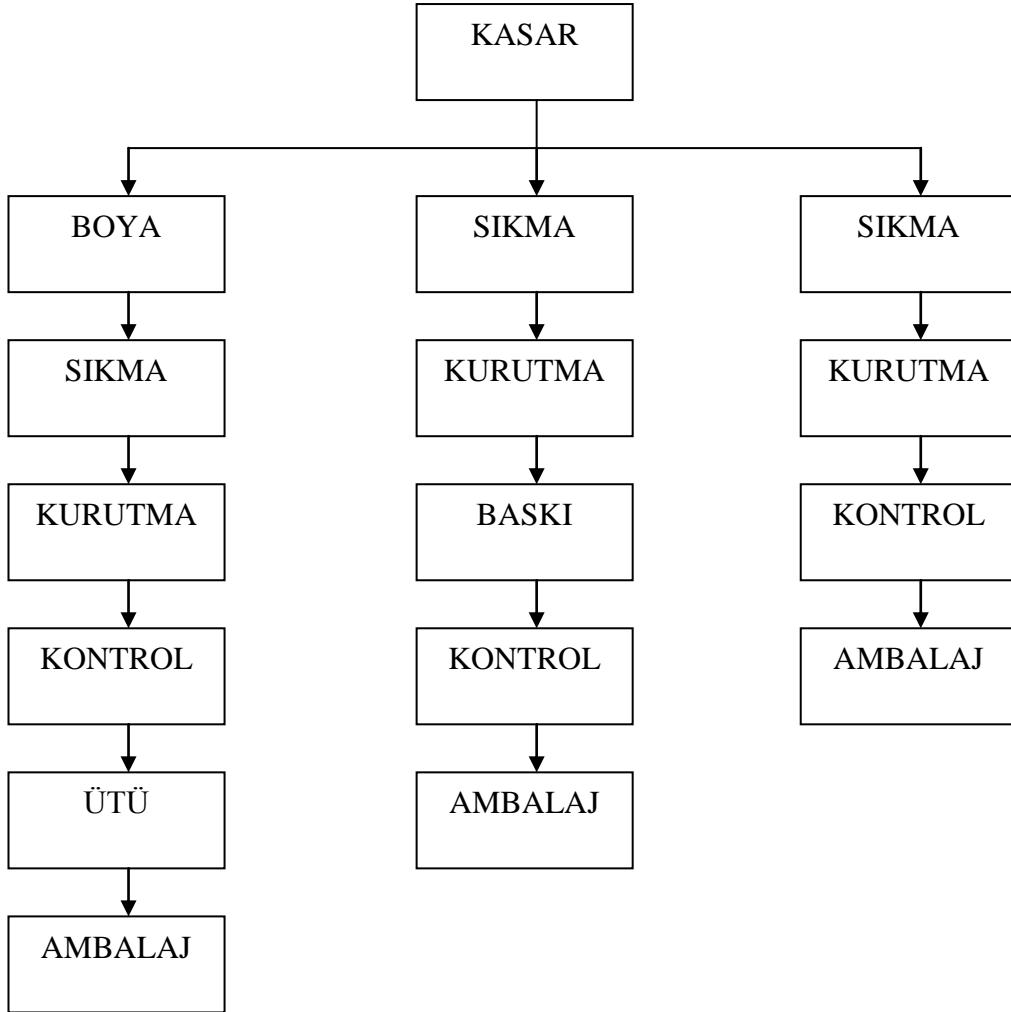
Tekstil endüstrisi atıksularında toksisite gidermek üzere ozonlama, UV gibi ileri arıtma teknolojileri uygulanmış ve bunların biyolojik oksijen tüketimi ile kinetik sabitlere etkisi belirlenmiştir (Ledakowicz ve diğ., 2001).

5. DENEYSEL ÇALIŞMANIN PLANLANMASI

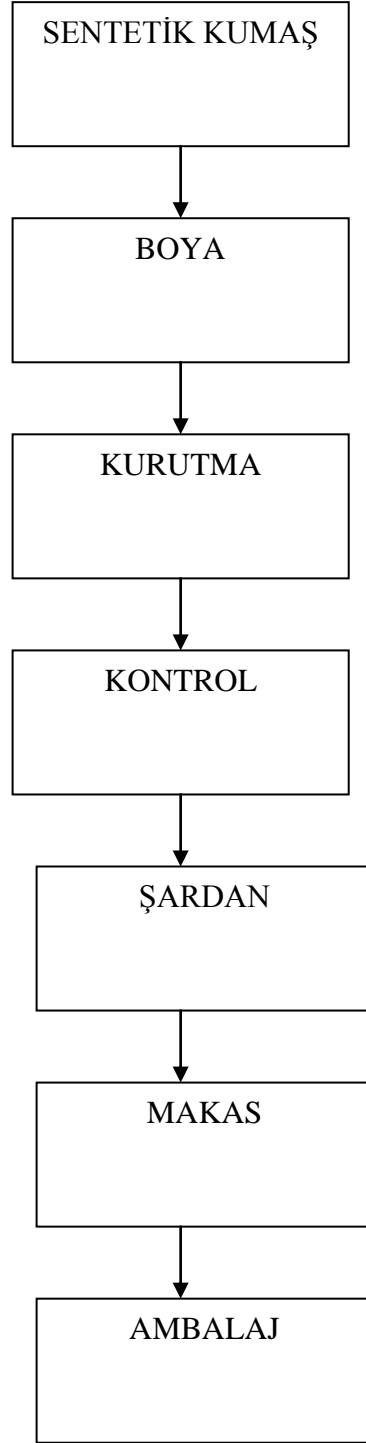
5.1. Endüstrinin Tanımı

5.1.1. Üretim Prosesi

İncelenen tesiste 130 personel ile 3 vardiya çalışılarak haftanın 6 günü (Boyahane de 7 gün) üretim, elektrik ve doğalgaz enerjisi ile yapılmaktadır. Tesiste iki ayrı üretim aşaması bulunmaktadır. Bu üretim aşamaları pamuklu boyanmış kumaş ve sentetik boyanmış kumaş üretimleridir. Endüstride yılda 2020 ton boyalı kumaş üretimi yapılmaktadır. Altkategoriye ait akım şemaları Şekil 5.1.1.1 ve Şekil 5.1.1.2’de gösterilmektedir.



Şekil 5.1.1.1 Pamuklu Kumaş Üretimi Akım Şeması



Şekil 5.1.1.2 Sentetik Kumaş Üretimi Akım Şeması

5.1.2. Kullanılan Ham Madde ve Yardımcı Maddeler (ton/yıl)

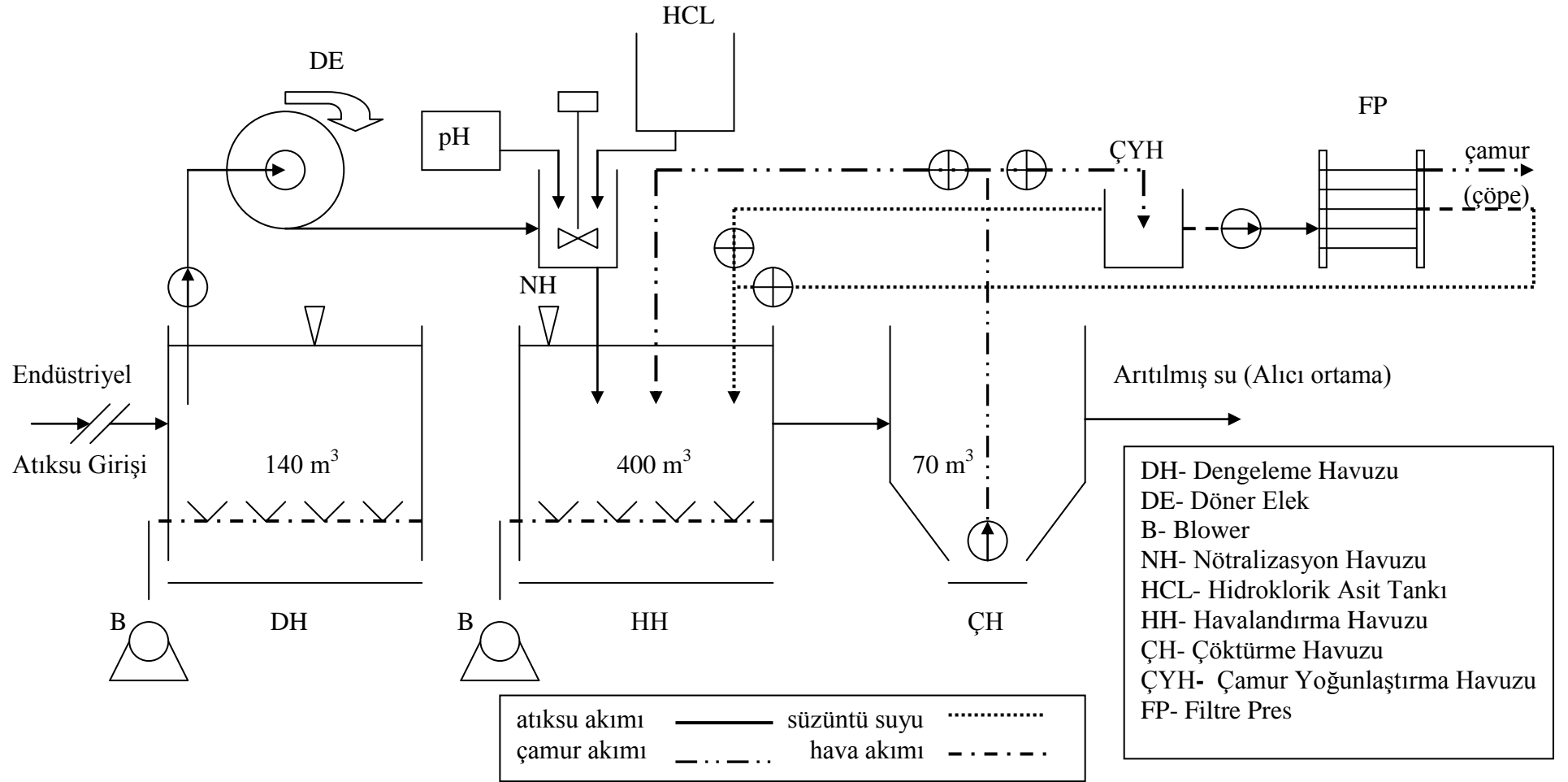
Pamuklu kumaş	: 1350
Sentetik kumaş	: 670
Reaktif boya	: 10,3
Dispers boya	: 6,8
Pigment boya	: 2,7
Hidrojen peroksit	: 18,5
Tuz	: 122
Soda	: 5,7
Yüzey aktif madde	: 3,8
Asetik asit	: 11
Tuz asiti	: 5,7
Katyon aktif yumuşatıcı	: 8,6

5.1.3. Su Kullanımı ve Atıksu Oluşumu

Tesiste günlük su kullanımı 600 m³/gün'dür. Kullanılan su kuyulardan alınmakta ve gerektiği zamanlarda tankerler yardımıyla takviye yapılmaktadır. Prosesteki atıksu kaynakları prosesten gelen atıksu, proses dışı atıksu ve az miktarda evsel kullanımdan kaynaklanmaktadır. Tüm atıksular Şekil 5.1.3.1'de görülen biyolojik arıtma tesisinde arıtılmaktadır. Evsel atıksu sisteme havalandırma havuzunun girişinde eklenmektedir. Proses dışı atıksular ise kazan blöflerinden, filtre ve yer yıkamadan gelmektedir. Toplam tahmini atıksu oluşumu ise 500 m³/gün'dür.

5.1.4. Atıksu Karakterizasyonu

Proses atıksu dengeleme tankından farklı zamanlarda alınan 3 numunenin konvansiyonel atıksu karakterizasyonunda SKKY (1998)'de Tablo 2.3.3.1'de pamuklu kumaş alt kategorisi için verilen parametreler esas alınmıştır. Biyolojik arıtılabilirlik bazlı atıksu KOİ bileşenlerinin belirlenme esasları ise aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.1.3.1 Endüstrinin Atıksu Arıtma Şeması

5.1.4.1. İnerit KOİ Bileşenlerinin Belirlenmesi

Atıksuda ölçülen toplam KOİ, giriş partiküler inerit ve çözünmüş inerit KOİ bileşenleri (X_I , S_I) ile biyolojik arıtma sırasında metabolik faaliyetler sonucunda üretilen partiküler ve çözünmüş inerit mikrobiyal ürünlerden (X_P , S_P) oluşmaktadır.

Çözünmüş inerit bileşenlerini belirlemek amacıyla geliştirilen yöntemler;

Ekama ve diğ. (1986), çamur yaşı 10-20 gün olan tam karışimli bir sistem laboratuvar ortamında reaktöre giriş çözünmüş inerit KOİ değerinin çıkış çözünmüş inerit KOİ değerine eşit olduğunu göstermiştir.

Henze ve diğ.(1987), çamur yaşı 10 gün olan tam karışimli reaktörden alınan aktif çamuru kesikli bir sistemde havalandırılmış, ve reaktör girişindeki çözünmüş inerit KOİ nin kalıcı çözünmüş inerit KOİ değerine eşit olduğunu belirlemiştir.

Fakat bu iki yöntem ile çıkıştaki çözünmüş inerit maddeler ile çözünmüş inerit mikrobiyal ürünler birbirinden ayrılamamaktadır.

Germirli ve diğ.(1993b), partiküler ve çözünmüş KOİ fraksiyonlarının ölçümlerini yapmışlardır. Bu yöntem esas alınarak proses atıksularının toplandığı dengeleme tankından alınan numunelerde inerit KOİ değerleri hesaplanmıştır. Testler 2 litrelik iki adet reaktörde yürütülmüştür. Reaktörlerden birincisi filtre edilmemiş ham atıksu (C_{TO}) ile, diğer reaktör ise ham atıksuyun 0.45 µm por çaplı filtrelerden vakum filtrasyonu yardımıyla süzölmüş kısmı (S_{TO}) ile pH ları biyolojik arıtma için uygun olan 7.2 değerine getirilerek beslenmiştir. Reaktörler için gerekli aşılama 50 mg/l UAKM olacak şekilde daha önceden ham atıksuya alıştırlmış ve kararlı denge halinde bulunan ve laboratuvar ölçekli doldur-boşalt şeklinde çalışan aktif çamur sisteminden alınmıştır. Biyolojik arıtmadaki C/N/P (100/5/1) oranının sağlanması amacıyla ise reaktörlere solüsyon A ve solüsyon B çözeltileri (Tablo 5.1.4.1.1) belirli oranlarda ilave edilmiştir. Aerobik olarak çalışan bu kesikli reaktörlerin tam karışımından alınan örneklerle toplam ve süzölmüş KOİ değerleri ölçölmüştür. Belirli bir süre sonunda biyolojik olarak ayrışabilen tüm substratın tüketilmesi sonucu toplam ve süzölmüş KOİ değerlerinin sabit kaldığı ve sadece girişteki inerit KOİ değerlerini içerdiği gözlenmiştir. KOİ ölçömlerinin değışmediğı ve KOİ değerlerinin en düşük değere ulaştığı bu noktada deneylere son verilmiş ve kalıcı maddeler kütle dengesi ifadeleri ile belirlenmiştir. Bu yöntem ile aynı zamanda biyolojik arıtma sürecinde metabolik faaliyetler sonucunda oluşan partiküler ve

çözünmüş kalıcı ürünler de belirlenmiştir (Şekil 5.1.4.1.1). Aşağıda bu yöntemle göre hesaplama esasları verilmektedir.

Tablo 5.1.4.1.1 Solüsyon A ve B İçerikleri

A Çözeltisi	K_2HPO_4	320 g/l
	KH_2PO_4	160 g/l
	NH_4Cl	120 g/l
B Çözeltisi	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	15 g/l
	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	0.5 g/l
	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.5 g/l
	$MnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.5 g/l
	CaL_2	2 g/l

Deney başlangıcında atıksu ile beslenen 1. reaktördeki toplam KOİ (C_{TO})

$$C_{TO} = S_{SO} + X_{SO} + S_I + X_I \quad (5.1)$$

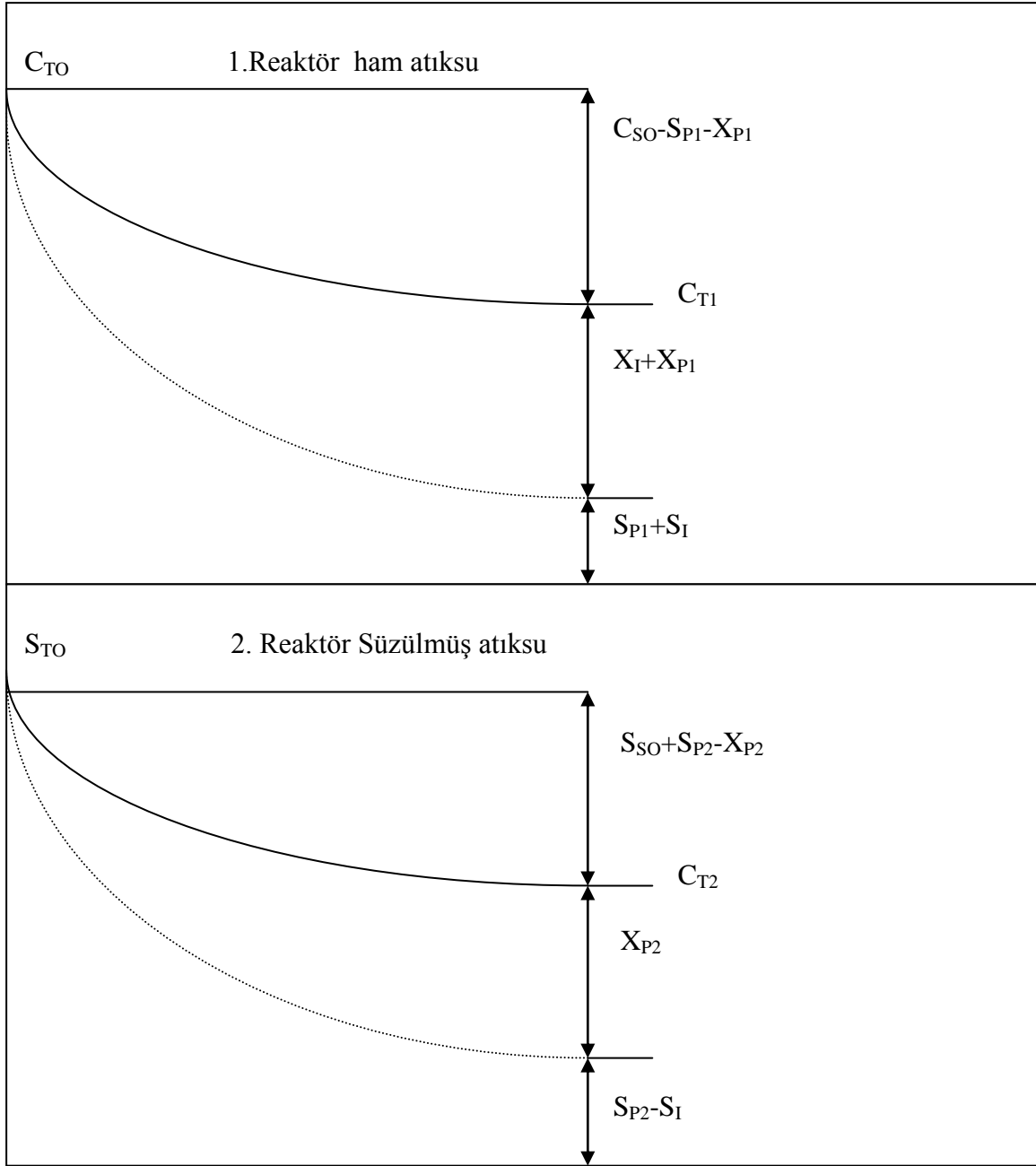
Süzülmüş atıksu ile beslenen 2. reaktördeki toplam KOİ (S_{TO})

$$S_{TO} = S_{SO} + S_I \quad (5.2)$$

denklemleri ile verilir. Denklemlerde S_S kolay ayrışabilir çözünmüş KOİ, X_S yavaş ayrışabilen partiküler KOİ, S_I girişteki çözünmüş inert KOİ, X_I girişteki partiküler inert KOİ yi ifade etmektedir. Deney sonunda tüm biyolojik aktivite sona ermekte ve her iki reaktördeki toplam ve süzölmüş değerleri sabit kalmaktadır. Bu durumda 1. reaktördeki toplam (C_{T1}) ve süzölmüş (S_{T1}) KOİ değerleri, mikrobiyal aktivite sonucu meydana gelen çözünmüş ve partiküler ürünler dikkate alınarak şu şekilde gösterilebilir ;

$$C_{T1} = S_I + X_I + S_{P1} + X_{P1} \quad (5.3)$$

$$S_{T1} = S_I + S_{P1} \quad (5.4)$$



Şekil 5.1.4.1.1 İnert KOİ Bileşenleri

şeklinde ifade edilir.

Deney sonunda, süzölmüş atıksu ile beslenen ikinci reaktörde toplam (C_{T2}) ve çözülmüş KOİ (S_{T2}) değerleri sırası ile,

$$C_{T2} = S_{P2} + X_{P2} + S_I \quad (5.5)$$

$$S_{T2} = S_{P2} + S_I \quad \text{ile} \quad (5.6)$$

ifade edilir.

Bu yöntemle göre başlangıç ve sonda her iki reaktörden elde edilen toplam ve çözünmüş KOİ değerleri kullanılarak atıksudaki partikül ve çözünmüş inert KOİ bileşenleri bulunmaktadır.

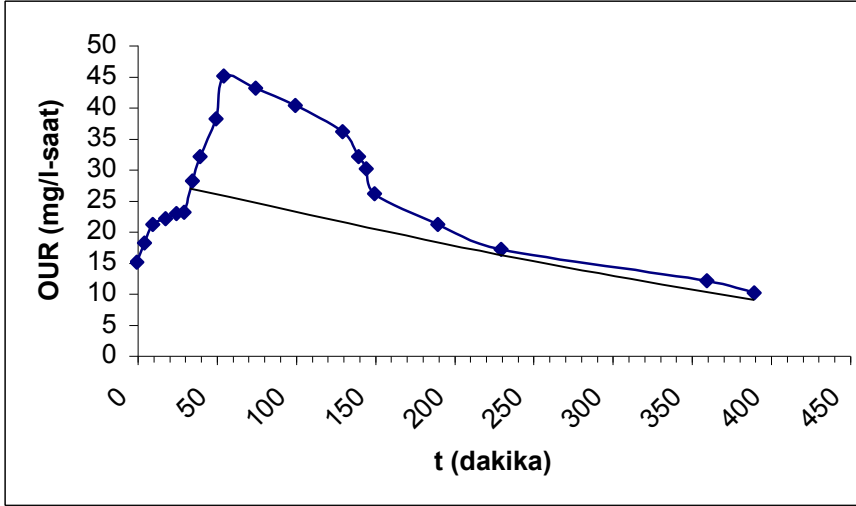
Yöntem metabolik olarak üretilen inert bileşenlerin (X_P , S_P), girişteki ayrışabilir KOİ'nin bir fraksiyonu savına dayanmaktadır.

5.1.4.2. Kolay Ayrışan Organik Maddenin Belirlenmesi

Kolay ayrışabilen organik maddenin belirlenebilmesi için önerilen yöntemler aktif çamur sistemlerinde meydana gelen değişikliklerin respirometrik analizlerine dayanmaktadır (Ekama ve diğ., 1986). Yöntem organik maddeden 1 elektronun transfer edilmesi halinde bu elektronu alacak oksijen miktarının deneysel olarak belirlenmesine dayanır. Bu amaçla kesikli olarak çalışan aerobik reaktörlerde zamana karşı oksijen tüketim hızındaki değişimler incelenmiştir. Deneysel başlangıcında ölçülen hızlı ve yüksek OTH atıksudaki kolay ayrışan substratı belirtmektedir. Bu yaklaşımda her iki fazdaki içsel solunum hızının sabit olduğu kabulü yapılmıştır. Substrat türü kısıtlı hale geldikçe tüketim hızı azalmakta ve tamamen bittiği noktadan itibaren yavaş hidroliz olan substratın etkili olduğu ve hidroliz fazını gösteren ikinci bir seviyeye düşmektedir. İki seviye arasında tüketilen oksijen ise atıksudaki kolay ayrışan organik maddenin tüketimine karşı gelmektedir. Dönüşüm oranının da bilindiği düşünülürse kolay ayrışan organik madde miktarı,

$$S_{SO} = \frac{\Delta Q}{1 - Y_H} \quad (5.7)$$

ifadesi ile hesaplanabilir. Yukarıdaki bilgiler ışığında S_{SO} tayini 5.1.4.2.1. yardımıyla belirlenmektedir. Buna göre, ΔQ , Şekil 5.1.4.2.1'de görüldüğü görüldüğü gibi, plato eğrisine çizilen teğet ile OUR eğrisi arasında tüketilen oksijen miktarını gösterir. Bu çalışmadaki hesaplamalarda Y_H değeri için literatürde verilen 0.6 (Germirli Babuna ve diğ., 1999) değeri esas alınmıştır.



Şekil 5.1.4.2.1 OTH'ın Zamanla Değişimi

5.1.4.3. Yavaş Ayrışan Organik Maddenin Belirlenmesi

Atıksudaki büyük kısım genellikle yavaş ayrışan kısımdan oluşmaktadır ve bu nedenle yavaş hidroliz olan organik maddenin miktarı ve hidroliz hızı sistemlerin tasarımında belirleyicidir. Yavaş ayrışan organik maddenin hidroliz kademesinden sonra kolay ayrışan kısma dönüşmesi günümüz aktif çamur sistemlerinde benimsenen bir yaklaşımdır. Buradan hareketle yavaş ayrışan kısım, X_{SO} çözülmüş S_{HI} ve partiküler X_{S1} olarak gösterilebilir. Giriş akımındaki toplam atıksuda ölçülen $KOİ$, çözülmüş kolay ayrışan, çözülmüş yavaş ayrışan, çözülmüş inert organik maddeler ile partiküler yavaş ayrışan organik madde ve partiküler inert organik maddeleri içerir (Ekama ve diğ., 1986).

$$C_{T0} = S_{SO} + S_{IO} + S_{HO} + X_{SO} + X_{IO} \quad (5.8)$$

Süzülmüş atıksuda ise sadece çözülmüş bileşikler göz önüne alınmaktadır.

$$S_{TO} = S_{IO} + S_{HO} + S_{SO} \quad (5.9)$$

Bu iki ifade yardımıyla atıksulardaki yavaş hidroliz olabilen organik madde bileşenleri belirlenebilir.

5.1.5. Ozonlamanın KOİ Bileşenlerine Etkisi

2. ve 3. numunelere 30 dakika boyunca sırasıyla 9.9 ve 11.2 mg/dak. dozajları uygulanmış (Enç, 2003), çıkış numuneleri ile toplam ve süzölmüş inert KOİ belirleme reaktörleri kurulmuştur.

5.1.6. Toksikite Öölümü

Daphnia magna ile toksisite öölümü IRSA (1977) metodu esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Buna göre numune % 50 seyreltildikten sonra efektif hacmi 50 ml olan beherlerde 5 adet 24 saatlik yeni doğmuş *Daphnia magna* ile 24 saat sabit sıcaklıkta (18°C) min. 6 mg/l çözülmüş oksijen konsantrasyonu sağlanacak şekilde temas ettirilmiştir. Deneyler şahit deney ile birlikte 4 kez tekrar edilmiştir. 24 saat sonra her bir beher içerisinde ölen hayvan sayılarak toplam öölüm yüzdesi belirlenmiştir. Hareket edemeyen hayvanlar cansız olarak kabul edilmiştir.

5.1.7. Analitik Öölümler

KOİ öölümlerinde ISO 6060 (ISO, 1996) metodu kullanılmıştır. Diğer konvansiyonel parametrelerin analizleri ise Standart Metod'lar (1998)'da verilen yöntemlere göre yapılmıştır. Numunenin süzölmüş olarak tanımlanan kısmını elde etmek için vakum filtrasyonu yardımıyla numune 0.45 µm por çaplı Milipore membran filtrelerden süzölmüştür. Askıda katı madde (AKM) ve uçucu askıda katı madde (UAKM) öölümlerinde ise Milipore AP40 tipi cam yünü filtreler kullanılmıştır.

6. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

6.1. Konvansiyonel Atıksu Karakterizasyonu

Tesisin konvansiyonel atıksu karakterizasyonu farklı zamanlarda alınmış olan 3 ayrı atıksu numunesinde deneylere tabi tutularak yapılmış ve sonuçlar Tablo 6.1.1'de verilmiştir.

Tablo 6.1.1 Tekstil Endüstrisine Ait Konvansiyonel Atıksu Karakterizasyonu

PARAMETRE mg/l	NUMUNE 1		NUMUNE 2		NUMUNE 3	
	Giriş**	Çıkış***	Giriş**	Çıkış***	Giriş**	Çıkış***
Toplam KOİ	1200-1300	200	1600	300	1560	210
Süzülmüş KOİ	700-900	150	950	150	900	200
BOI ₅	170	15	150	20	140	20
AKM	250	180	750	500	250	160
UAKM	175	75	330	205	190	80
TKN	33	11	70	15	16	8
NH ₃ -N	5	<1	45	6	5	3
Toplam Fosfor	1.3	4	30	17	14	11
Sülfat	590	625	525	575	550	620
Klorür	1600	2500	1650	2450	1750	3050
Alkalinite	SP*	SP*	SP*	SP*	470	SP*
İletkenlik	SP*	SP*	9400	10500	12500	14000
Renk (Pt-Co)	1060	1840	3300	2600	1000	1440
PH	7.8	6.8	8.8	8.8	8.62	8.1

*SP : Saptanmadı

**Giriş : Dengeleme tankından alınan numune

***Çıkış : Biyolojik arıtma ünitesi çıkışından ort. 8 saat sonra alınan numune

Tablolardan da görüldüğü üzere karakterizasyonu yapılan pamuklu-polyester kumaş boyama tekstil endüstrisi atıksularının yaklaşık % 60'ı çözünmüş olmakla birlikte ortalama 1500 mg/l toplam KOİ içeriğine sahiptir. Endüstrideki BOI₅/KOİ oranı ise 0.09-0.1 dir. Endüstrideki KOİ/TKN/P oranlarına bakıldığında ise 100/5/1 oranının sağlanması için laboratuvar ölçekli biyolojik arıtma sırasında reaktörlerin azot ihtiyaçlarının karşılanması gerekmektedir.

6.2. Biyolojik Arıtılabilirlik Bazlı Karakterizasyon Sonuçları

6.2.1. İnert KOİ Bileşenleri

Reaktörlerin kurulmasıyla birlikte KOİ değerlerine bakılmış ve belirli zaman aralıklarında tekrar KOİ değerleri yapılan deneyler sonucu gözlenmiştir. Biyolojik olarak ayrışabilen tüm substratın tüketilmesi sonucu toplam ve süzölmüş KOİ değerlerinin sabit kaldığı ve sadece girişteki inert KOİ değerlerini içerdiği gözlenmiştir. KOİ ölçümlerinin değişmediği ve en düşük değere ulaştığı bu noktada deneylere son verilmiş ve KOİ bileşenleri kütle dengesi ifadeleri ile belirlenmiştir.

Yeni tekstil endüstrisi atıksularında, aerobik şartlar altında inert KOİ bileşenlerinin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen deneylerin sonuçları farklı zamanlarda alınan üç ayrı numune için Tablo 6.2.1.1, 6.2.1.4, 6.2.1.7'de özetlenmektedir. İnert KOİ değerleri Tablo 6.2.1.2, 6.2.1.5, 6.2.1.8'de ve bu sonuçlar doğrultusunda atıksudaki inert KOİ bileşenlerinin oranları ise Tablo 6.2.1.3, 6.2.1.6, 6.2.1.9'de verilmektedir. Farklı koşullar altında inert KOİ bileşenlerinin hesaplanmasına yönelik literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Germirli ve diğ.,1993; Eremektar ve diğ., 1997)

Tablo 6.2.1.1 Numune 1 İçin İnert KOİ Saptama Deneyi Sonuçları

	1. Reaktör Atıksu İle Besleme		2. Reaktör Süzülmüş Atıksu İle Besleme	
	C _T (mg/l)	S _T (mg/l)	C _T (mg/l)	S _T (mg/l)
Deney Başlangıcı	1250	850	900	840
Deney Sonu	300	200	255	195
Süre (saat)	720	720	720	720

Yürütülen deneyler sonucu atıksu ile beslenen 1. reaktörde başlangıçta 1250 mg/l olan toplam KOİ değeri 720 saat sonra 300 mg/l değerine, süzölmüş KOİ değeri ise 850 mg/l'den 200 mg/l değerine düşmüştür. Aynı süre zarfında süzölmüş atıksu ile beslenen 2. reaktördeki toplam KOİ değeri 900 mg/l'den 255 mg/l değerine, süzölmüş KOİ değeri ise 840 mg/l'den 195 mg/l değerine düşmüştür ve bu noktadan sonra sabit kalmıştır.

Tablo 6.2.1.2 Numune 1 İçin İnert KOİ Değerleri

Parametre	Atıksu Örneği KOİ (mg/l)
$C_{T1}-S_{T1}=X_{P1}+X_I$	100
$C_{T2}-S_{T2}=X_{P2}$	60
$\Delta C_{T1}=C_T-C_{T1}$	950
$\Delta C_{T2}=S_T-C_{T2}$	595
$X_{P1}=X_{P2}*(\Delta C_{T1}/\Delta C_{T2})$	96
$X_I=(C_{T1}-S_{T1})-X_{P1}$	4
$S_{T1}-S_{T2}=S_{P1}-S_{P2}$	5
$S_{P1}=(S_{T1}-S_{T2})/[1-(\Delta C_{T1}/\Delta C_{T2})]$	13
$S_I=S_{T1}-S_{P1}$	187

Tablo 6.2.1.1’de verilmiş olan her iki reaktördeki toplam ve süzölmüş KOİ değerleri kullanarak yapılan hesaplamalar sonucu atıksudaki çözünmüş inert KOİ (S_I) 187 mg/l, partiköler inert KOİ (X_I) 4 mg/l, çözünmüş mikrobiyal ürünler (S_P) 13 mg/l ve partiköler mikrobiyal ürünler 96 mg/l olarak bulunmuştur (Tablo 6.2.1.2).

Tablo 6.2.1.2’da verilmiş olan değerler doğrultusunda KOİ bileşenlerinin toplam KOİ’deki oranları hesaplanarak Tablo 6.2.1.3’de sunulmuştur. Buna göre, atıksudaki çözünmüş inert KOİ değeri toplam atıksu KOİ’sinin % 16’sini, partiköler inert KOİ değeri ise % 0.3’ünü oluşturmaktadır. C_{SO} atıksudaki toplam ayrışabilen kısım olup atıksu KOİ’sinin % 85’ini oluşturmaktadır. Atıksudaki ayrışabilir KOİ içinde çözünmüş mikrobiyal ürünler % 1, partiköler mikrobiyal ürünler ise % 9 oranında bulunmaktadı. Çözünmüş inert ve çözünmüş mikrobiyal ürünlerin toplamı ise atıksu toplam KOİ değerinin % 17’sidir.

Tablo 6.2.1.3 Numune 1 İçin İ inert KOİ Bileşenlerinin Oranları

	$\frac{S_I}{C_{TO}}$	$\frac{X_I}{C_{TO}}$	$\frac{C_{SO}}{C_{TO}}$	$\frac{S_P}{C_{SO}}$	$\frac{X_P}{C_{SO}}$	$\frac{S_I + S_P}{C_{TO}}$
$\frac{mg / IKOI}{mg / IKOI}$	0,16	0,003	0,85	0,01	0,09	0,17

Numune 2 ile yürütölen deneyler sonucu atıksu ile beslenen 1. reaktörde başlangıçta 1700 mg/l olan toplam KOİ değeri 816 saat sonra 450 mg/l değerine, süzölmüş KOİ değeri ise 950 mg/l’den 290 mg/l değerine düşmüştür (Tablo 6.2.1.4). Aynı süre zarfında süzölmüş atıksu ile beslenen 2. reaktördeki toplam KOİ değeri 1020 mg/l’den 325 mg/l değerine, süzölmüş KOİ değeri ise 945 mg/l’den 295 mg/l değerine inmiştir.

Tablo 6.2.1.4 Numune 2 İçin İ inert KOİ Saptama Deneyi Sonuçları

	1. Reaktör Atıksu İle Besleme		2. Reaktör Süzölmüş Atıksu İle Besleme	
	C_T (mg/l)	S_T (mg/l)	C_T (mg/l)	S_T (mg/l)
Deney Başlangıcı	1700	950	1200	945
Deney Sonu	450	290	325	295
Süre (saat)	816	816	816	816

Tablo 6.2.1.4’de verilmiş olan her iki reaktördeki toplam ve süzölmüş KOİ değerleri kullanarak yapılan hesaplamalar sonucu atıksudaki çözünmüş inert KOİ (S_I) 280 mg/l, partiköler inert KOİ (X_I) 80 mg/l, çözünmüş mikrobiyal ürünler (S_P) 10 mg/l ve partiköler mikrobiyal ürünler 80 mg/l olarak bulunmuştur (Tablo 6.2.1.5).

Tablo 6.2.1.5 Numune 2 İçin İnerit KOİ Değerleri

Parametre	Atıksu Örneği KOİ (mg/l)
$C_{T1}-S_{T1}=X_{P1}+X_I$	160
$C_{T2}-S_{T2}=X_{P2}$	40
$\Delta C_{T1}=C_T-C_{T1}$	1250
$\Delta C_{T2}=S_T-C_{T2}$	625
$X_{P1}=X_{P2}*(\Delta C_{T1}/\Delta C_{T2})$	80
$X_I=(C_{T1}-S_{T1})-X_{P1}$	80
$S_{T1}-S_{T2}=S_{P1}-S_{P2}$	5
$S_{P1}=(S_{T1}-S_{T2})/[1-(\Delta C_{T1}/\Delta C_{T2})]$	10
$S_I=S_{T1}-S_{P1}$	280

Tablo 6.2.1.5’de verilmiş olan değerler doğrultusunda yapılan oranlamalar Tablo 6.2.1.6’da sunulmuştur. Bu hesaplara göre, atıksudaki çözünmüş inert KOİ değeri toplam atıksu KOİ’sinin % 17’sini, partiköler inert KOİ değeri ise % 5’ini oluşturmaktadır. C_{SO} atıksudaki toplam ayrışabilen kısım olup atıksu KOİ’sinin % 78’ini oluşturmaktadır. Atıksudaki ayrışabilir KOİ içinde çözünmüş mikrobiyal ürünler % 0.8, partiköler mikrobiyal ürünler ise % 6 oranında bulunmaktadır. Çözünmüş inert ve çözünmüş mikrobiyal ürünlerin toplamı ise atıksu toplam KOİ değerinin % 18’idir.

Tablo 6.2.1.6 Numune 2 İçin İnerit KOİ Bileşenlerinin Oranları

	$\frac{S_I}{C_{TO}}$	$\frac{X_I}{C_{TO}}$	$\frac{C_{SO}}{C_{TO}}$	$\frac{S_P}{C_{SO}}$	$\frac{X_P}{C_{SO}}$	$\frac{S_I + S_P}{C_{TO}}$
$\frac{mg/IKOI}{mg/IKOI}$	0.17	0.05	0.78	0.008	0.06	0.18

Numune 3 ile yürütülen inert KOİ bileşenleri belirleme deneylerine göre atıksu ile beslenen 1. reaktörde başlangıçta 1685 mg/l olan toplam KOİ değeri 768 saat sonra 360 mg/l değerine, süzölmüş KOİ değeri ise 1000 mg/l'den 265 mg/l değerine düşmüştür. Aynı süre zarfında süzölmüş atıksu ile beslenen 2. reaktördeki toplam KOİ değeri 1070 mg/l'den 305 mg/l değerine, süzölmüş KOİ değeri ise 995 mg/l'den 260 mg/l değerine düşerek bu noktadan sonra sabit kalmıştır (Tablo 6.2.1.7).

Tablo 6.2.1.7 Numune 3 İçin İnerit KOİ Saptama Deneyi Sonuçları

	1. Reaktör Atıksu İle Besleme		2. Reaktör Süzölmüş Atıksu İle Besleme	
	C _T (mg/l)	S _T (mg/l)	C _T (mg/l)	S _T (mg/l)
Deney Başlangıcı	1685	1000	1070	995
Deney Sonu	360	265	305	260
Süre (saat)	768	768	768	768

Tablo 6.2.1.8 Numune 3 İçin İnerit KOİ Değerleri

Parametre	Atıksu Örneği KOİ (mg/l)
$C_{T1}-S_{T1}=X_{P1}+X_I$	95
$C_{T2}-S_{T2}=X_{P2}$	45
$\Delta C_{T1}=C_T-C_{T1}$	1325
$\Delta C_{T2}=S_T-C_{T2}$	695
$X_{P1}=X_{P2}*(\Delta C_{T1}/\Delta C_{T2})$	86
$X_I=(C_{T1}-S_{T1})-X_{P1}$	9
$S_{T1}-S_{T2}=S_{P1}-S_{P2}$	5
$S_{P1}=(S_{T1}-S_{T2})/[1-(\Delta C_{T1}/\Delta C_{T2})]$	10
$S_I=S_{T1}-S_{P1}$	254

Tablo 6.2.1.7’de verilmiş olan her iki reaktördeki toplam ve süzölmüş KOİ değerleri kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu atıksudaki çözünmüş inert KOİ (S_I) 254 mg/l, partiköler inert KOİ (X_I) 9 mg/l, çözünmüş mikrobiyal ürünler (S_P) 10 mg/l ve partiköler mikrobiyal ürünler 86 mg/l olarak bulunmuştur (Tablo 6.2.1.8).

Tablo 6.2.1.8’da belirlenen değerler esas alındığında atıksudaki çözünmüş inert KOİ değeri toplam atıksu KOİ’sinin % 16’sını, partiköler inert KOİ değeri ise % 0.5’ini oluşturmaktadır (Tablo 6.2.1.9). C_{SO} atıksudaki toplam ayrışabilen kısım olup atıksu KOİ’sinin % 83’ünü oluşturmaktadır. Atıksudaki ayrışabilir KOİ içinde çözünmüş mikrobiyal ürünler % 0.7, partiköler mikrobiyal ürünler ise % 6 oranında bulunmaktadır. Çözünmüş inert ve çözünmüş mikrobiyal ürünlerin toplamı ise atıksu toplam KOİ değerinin % 17’sidir.

Tablo 6.2.1.9 Numune 3 İçin İntert KOİ Bileşenlerinin Oranları

	$\frac{S_I}{C_{TO}}$	$\frac{X_I}{C_{TO}}$	$\frac{C_{SO}}{C_{TO}}$	$\frac{S_P}{C_{SO}}$	$\frac{X_P}{C_{SO}}$	$\frac{S_I + S_P}{C_{TO}}$
$\frac{mg / IKOI}{mg / IKOI}$	0.16	0.005	0.83	0.007	0.06	0.17

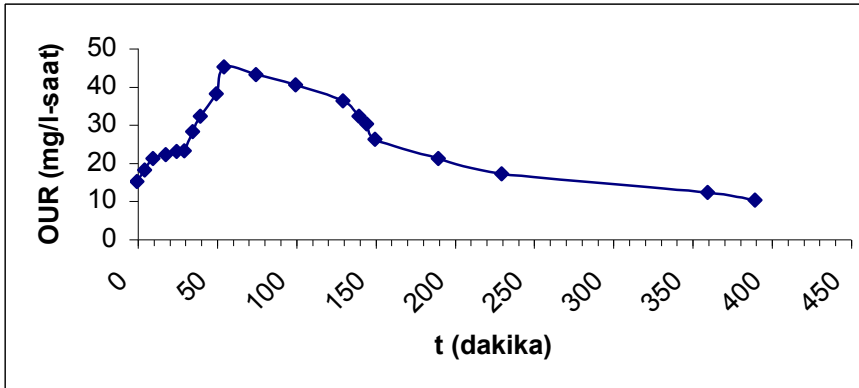
6.2.2. Kolay Ayrışan Organik Madde

Kolay ayrışabilir KOİ (Ekama ve diğ., 1986) tarafından önerilen metoda uygun olarak saptanmıştır.

Tekstil endüstrisinden alınan atıksularda (Numune 2, Numune 3) kolay ayrışabilen KOİ’nin belirlebilmesi amacıyla yapılan deneylerde numune hacmi 1000 ml olarak , ilave edilecek Sol A ve Sol B çözeltileri ise 10’ar ml olarak belirlenmiştir. Reaktör 2500 mg UAKM/l içerikli 500 ml aşu çamuru ile çalıştırılmıştır. Deneysel olarak elde edilen OTH değerleri Tablo 6.2.2.1, OTH-zaman grafiği Şekil 6.2.2.1’de verilmiştir.

Tablo 6.2.2.1 Numune 2 İçin Deneysel OTH Sonuçları

Zaman (dak.)	OTH (mg/l-dak.)
0	15
5	18
10	21
18	22
25	22,8
30	23
35	28
40	32
50	38
55	45
75	43
100	40,2
130	36
140	32
145	30
150	26
190	21
230	17
360	12
390	10



Şekil 6.2.2.1 Numune 2 İçin OTH'ın Zamanla Değişimi

Eğri altında kalan alan hesaplandıktan sonra, yukarıdaki ifadede hacim düzeltmesi yapılmış ve kolay ayrışan organik madde Numune 2 için 375 mg/l olarak hesaplanmıştır.

Tekstil endüstrisinden alınmış olan üçüncü numune için de aynı yöntemler doğrultusunda hesaplar yapılmış ve kolay ayrışan organik madde 365 mg/l olarak hesaplanmıştır.

6.2.3. Ozonlama Sonrası Elde Edilen İnert KOİ Bileşenleri

İncelenen tekstil endüstrisinden alınan ikinci numunede (Numune 2) ozonlama sonrası toplam KOİ gideriminin 30 dakikalık zaman içinde verilen 9.6 mg/dak. ozon dozajı ile en yüksek olduğu gözlenmiş ve % 35-40 olarak belirlenmiştir (Enç, 2003). Ozonlama sonrası elde edilen veriler ile yapılan hesaplamalar sonucu ikinci numunenin biyolojik arıtma öncesi toplam KOİ'si 30 dakikalık ozonlama ile 1700 mg/l'den 1040 mg/l'ye düşmüştür. Buna göre ozonlanmış numune 2'de inert KOİ bileşenlerinin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen deney sonuçları Tablo 6.2.3.1'de, inert KOİ değerleri Tablo 6.2.3.2'de ve bu sonuçlar doğrultusunda atıksudaki inert KOİ bileşenlerinin oranları ise Tablo 6.2.3.3'de verilmiştir.

Tablo 6.2.3.1 Numune 2 İçin Ozon Sonrası İnert KOİ Saptama Deneyi Sonuçları

	1. Reaktör Atıksu İle Besleme		2. Reaktör Süzülmüş Atıksu İle Besleme	
	C _T (mg/l)	S _T (mg/l)	C _T (mg/l)	S _T (mg/l)
Deney Başlangıcı	1100	850	920	850
Deney Sonu	330	210	250	205
Süre (saat)	432	432	432	432

Tablo 6.2.3.2 Numune 2 İçin Ozonlama Sonrası İnert KOİ Değerleri

Parametre	Atıksu Örneği KOİ (mg/l)
$C_{T1}-S_{T1}=X_{P1}+X_I$	120
$C_{T2}-S_{T2}=X_{P2}$	45
$\Delta C_{T1}=C_T-C_{T1}$	770
$\Delta C_{T2}=S_T-C_{T2}$	600
$X_{P1}=X_{P2}*(\Delta C_{T1}/\Delta C_{T2})$	58
$X_I=(C_{T1}-S_{T1})-X_{P1}$	62
$S_{T1}-S_{T2}=S_{P1}-S_{P2}$	5
$S_{P1}=(S_{T1}-S_{T2})/[1-(\Delta C_{T1}/\Delta C_{T2})]$	23
$S_I=S_{T1}-S_{P1}$	187

Tablo 6.2.3.2'den görüldüğü üzere, atıksudaki çözünmüş inert KOİ (S_I) 187 mg/l, partiküler inert KOİ (X_I) 62 mg/l, çözünmüş mikrobiyal ürünler (S_P) 23 mg/l ve partiküler mikrobiyal ürünler 58 mg/l olarak bulunmuştur. Ayrıca, KOİ değeri toplam atıksu KOİ'sinin % 19'unu, partiküler inert KOİ değeri ise % 6'sını oluşturmaktadır. C_{SO} atıksudaki toplam ayrışabilen kısım olup atıksu KOİ'sinin % 76'sini oluşturmaktadır. Atıksudaki ayrışabilir KOİ içinde çözünmüş mikrobiyal ürünler % 3, partiküler mikrobiyal ürünler ise % 7 oranında bulunmaktadır. Çözünmüş inert ve çözünmüş mikrobiyal ürünlerin toplamı ise atıksu toplam KOİ değerinin % 20'sidir (Tablo 6.2.3.3).

Tablo 6.2.3.3 Numune 2 İçin Ozonlama Sonrası İnerit KOİ Bileşenlerinin Oranları

	$\frac{S_I}{C_{TO}}$	$\frac{X_I}{C_{TO}}$	$\frac{C_{SO}}{C_{TO}}$	$\frac{S_P}{C_{SO}}$	$\frac{X_P}{C_{SO}}$	$\frac{S_I + S_P}{C_{TO}}$
$\frac{mg / IKOI}{mg / IKOI}$	0.19	0,06	0.76	0.03	0.07	0,20

Üçüncü numunede ise ozonlama sonrası KOİ gideriminin 30 dakikalık zaman içinde verilen 11.2 mg/dak. ozon dozajı ile en yüksek olduğu gözlenmiş ve % 35-40 olarak belirlenmiştir (Enç, 2003). Numune 3 için belirli bir dozda ozonlama sonrası inert KOİ bileşenlerinin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen deney sonuçları Tablo 6.2.3.4'de, inert KOİ değerleri Tablo 6.2.3.5'de ve bu sonuçlar doğrultusunda atıksudaki inert KOİ bileşenlerinin oranları Tablo 6.2.3.6'de verilmiştir.

Tablo 6.2.3.4 Numune 3 İçin Ozonlama Sonrası İnerit KOİ Saptama Deneyi Sonuçları

	1. Reaktör Atıksu İle Besleme		2. Reaktör Süzülmüş Atıksu İle Besleme	
	C_T (mg/l)	S_T (mg/l)	C_T (mg/l)	S_T (mg/l)
Deney Başlangıcı	1000	795	835	790
Deney Sonu	255	190	200	187
Süre (saat)	504	504	504	504

Tablo 6.2.3.5 Numune 3 İçin Ozonlama Sonrası İnert KOİ Değerleri

Parametre	Atıksu Örneği KOİ (mg/l)
$C_{T1}-S_{T1}=X_{P1}+X_I$	65
$C_{T2}-S_{T2}=X_{P2}$	13
$\Delta C_{T1}=C_T-C_{T1}$	745
$\Delta C_{T2}=S_T-C_{T2}$	595
$X_{P1}=X_{P2}*(\Delta C_{T1}/\Delta C_{T2})$	16
$X_I=(C_{T1}-S_{T1})-X_{P1}$	49
$S_{T1}-S_{T2}=S_{P1}-S_{P2}$	3
$S_{P1}=(S_{T1}-S_{T2})/[1-(\Delta C_{T1}/\Delta C_{T2})]$	15
$S_I=S_{T1}-S_{P1}$	175

Tablo 6.2.3.6 Numune 3 İçin Ozonlama Sonrası İnert KOİ Bileşenlerinin Oranları

	$\frac{S_I}{C_{TO}}$	$\frac{X_I}{C_{TO}}$	$\frac{C_{SO}}{C_{TO}}$	$\frac{S_P}{C_{SO}}$	$\frac{X_P}{C_{SO}}$	$\frac{S_I + S_P}{C_{TO}}$
$\frac{mg/lKOI}{mg/lKOI}$	0.18	0.05	0.76	0.02	0.02	0.20

Yapılan hesaplamalara göre, atıksudaki çözülmüş inert KOİ (S_I) ozonlama sonrası azalarak 175 mg/l, partiküler inert KOİ (X_I) 49 mg/l, çözülmüş mikrobiyal ürünler artarak (S_p) 15 mg/l ve partiküler mikrobiyal ürünler (X_p) 16 mg/l olarak bulunmuştur.

Bu doğrultuda atıksudaki çözülmüş inert KOİ değeri artarak toplam atıksu KOİ'sinin % 18'ini, partiküler inert KOİ değeri ise azalarak % 5'ini oluşturmaktadır. Buna paralel olarak çözülmüş inert ve çözülmüş mikrobiyal ürünlerin toplamı atıksu toplam KOİ değerinin % 20'sini oluşturmuştur.

6.2.4. Toksikite Deney Sonuçları

Endüstriden farklı zamanlarda alınan üç ham atıksuda (Numune 1, Numune 2, Numune 3) toksisite deneyleri *D. magna* organizmaları yardımıyla yapılmıştır. Ayrıca Numune 2 ve Numune 3'ün biyolojik arıtma sonrası çıkış suyunda, kısmi ozonlama sonrası biyolojik arıtma çıkış suyunda her bir numune için toplam ve süzölmüş reaktörlerinden alınan numunelerin üst fazında olmak üzere tekrar ölçölmüş ve toksisitenin hangi oranlarda giderildiği izlenmiştir.

Tesisten alınmış olan ilk atıksuda Numune 1 ve atıksuyun belirli oranlarda seyreltilmiş numunelerinde yapılmış olan toksisite deney sonuçları Tablo 6.2.4.1'de verilmiştir.

Tablo 6.2.4.1 Numune 1 İçin Toksikite Deney Sonuçları , (Deneyler 4 kez tekrar edilmiştir)

Atıksu Miktarı (ml)	Seyreltme Suyu Miktarı (ml)	Ölüm Yüzdesi,%			
		Ham Atıksu	Ham Atıksu İnert KOİ Toplam Reak. Çıkışı	Ham Atıksu İnert KOİ Süz. Reak. Çıkışı	Arıtma Tesisi Çıkışı
0	100	0	0	0	SP*
12.5	37.5	100	100	100	SP*
25	25	100	100	100	0

*SP : Saptanmadı

Tablo 6.2.4.1'den göröldüğü üzere gerek ham atıksu gerekse inert KOİ (Toplam atıksu ve süzölmüş atıksu ile kurulan) reaktör çıkışı numuneleri *D. magna* organizmaları üzerinde % 50 seyreltidede bile % 100 zehirlilik etkisi göstermiştir. Diğer yandan, aynı seyreltidede endüstrideki arıtma tesisi son çöktürme çıkışından alınan numune aynı seyreltidede toksik etki göstermemiştir.

Endüstriden alınan 2. Numune ve 3. Numuneler için ham atıksu ile birlikte inert KOİ bileşeni belirleme (Toplam atıksu ve süzölmüş atıksu ile kurulan) reaktörleri çıkış suyu toksisite deney sonuçları sırasıyla Tablo 6.2.4.2 ve Tablo 6.2.4.3'de sunulmuştur. Aynı numunelere biyolojik arıtılabilirliği arttırmak üzere uygulanan ozonlama prosesi çıkışından kurulan inert KOİ (Toplam atıksu ve süzölmüş atıksu ile

kurulan) bileşenleri belirleme reaktör çıkışı toksisite sonuçları da aynı tablolarda verilmiştir.

Tablo 6.2.4.2 Numune 2 İçin Toksikite Deney Sonuçları, (Deneyler 4 kez tekrar edilmiştir)

Atıksu Miktarı (ml)	Seyreltme Suyu Miktarı (ml)	Ölüm Yüzdesi,%					
		Ham Atıksu	Ham Atıksu İnert KOİ Top.Reak Çıkışı.	Ham Atıksu İnert KOİ Süz.Reak. Çıkışı	Ozonlama Sonrası İnert KOİ Top.Reak Çıkışı.	Ozonlama Sonrası İnert KOİ Süz.Reak. Çıkışı	Arıtma Tesisi Çıkışı
0	100	0	0	0	0	0	SP*
10	40	100	100	100	100	0	SP*
12.5	37.5	100	100	100	100	20±5	SP*
20	30	100	100	100	100	60±5	SP*
25	25	100	100	100	100	100	20±0

*SP : Saptanmadı

Tablo 6.2.4.2’den görüldüğü üzere, tüm seyrelme oranlarında ham atıksu reaktörü ile birlikte ham atıksu ile kurulan toplam KOİ ve süzölmüş reaktör çıkışı sonuçları tüm seyrelme oranlarında % 100 toksik etki göstermiştir. Ozonlama sonrası kurulan inert KOİ toplam atıksu reaktörü de benzer şekilde % 100 toksik etki gösterirken süzölmüş reaktör çıkışı % 50 seyrelmede % 100 toksik, % 60 seyreltmede % 60 toksik, % 75 seyreltmede % 20 toksik etki göstermiştir. Süzölmüş reaktör çıkışı % 80 seyreltmede ise toksik etki göstermemektedir. Endüstrideki arıtma tesisi son çöktürme çıkışından alınan numune % 50 seyreltmede toksik etki göstermemiştir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, bir tekstil endüstrisi ham ve arıtılmış atıksularında *D. magna* (su piresi) ile toksisite izlenmiş, ham atıksuda biyolojik arıtılabilirlik için önem taşıyan KOİ bileşenleri belirlenerek toksisite-KOİ bileşenleri ilişkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda reaktif boyaların kullanıldığı polyester ve pamuklu boyama yapan bir tekstil endüstrisinden farklı zamanlarda 3 ayrı proses atıksu numunesi alınmıştır.

İnert KOİ bileşenlerinin belirlenmesi amacıyla literatürde (Germirli ve diğ., 1993) verilen metodlar izlenmiştir.

Ekama ve Marais (1986) tarafından geliştirilen metod doğrultusunda kolay ayrışan organik madde hesabı yapılmıştır.

Kısmi ozonlama sonucu inert KOİ bileşenlerinin belirlenmesi amacıyla yine literatürde verilen aynı metodlardan yararlanılmıştır.

Yukarıdaki kapsamda yapılan deneysel çalışmalarda aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

- Ham atıksuda KOİ bileşenleri sonuçları

Numune 1 için inert KOİ değerleri hesaplandığında, atıksu içindeki bileşenlerin oranları çözülmüş inert KOİ için % 16, partiküler inert KOİ için % 0.3 olarak hesaplanmıştır. Bunun yanında atıksuyun % 85 gibi büyük bir kısmının ayrışabilir KOİ bileşeninden meydana geldiği görülmektedir.

Numune 2 için KOİ bileşenlerinin atıksu içindeki yüzdeleri çözülmüş inert KOİ için % 17, partiküler inert KOİ için % 5, kolay ayrışan organik madde için % 23, yavaş ayrışan organik madde için % 36, hızlı hidroliz olabilen organik madde için ise % 18 olarak belirlenmiş ve hesaplanan bu değerler literatürde verilen değerlerle uygunluk göstermiştir.

Numune 3 için aynı değerler çözülmüş inert KOİ için % 16, partiküler inert KOİ için % 0.5, kolay ayrışan organik madde için % 23, yavaş ayrışan organik madde için % 36, hızlı hidroliz olabilen organik madde için % 24 olarak hesaplanmış ve yine literatürde verilen verilerle uygunluk göstermiştir.

Atıksuyun değişik zamanlarda alınan üç numunesinde toplam KOİ miktarları biraz farklı olsada ayrışabilir kısım atıksuyun % 78-85 gibi büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Ayrışabilen kısım içinde ise yavaş ayrışan organik madde % 36 ile en yüksek yüzdeye sahiptir. Diğer yandan numunelerin çözünmüş inert kısımları atıksuyun ortalama % 16'sını oluşturmakta, partiküler inert kısım ise çok az miktarda bulunmaktadır. Çıkıştaki çözünmüş inert değeri ise atıksuyun ortalama % 17'lik kısmını oluşturmakta ve literatürde verilen değerler ile uyum göstermektedir.

- Ozonlama sonrası inert KOİ değerleri sonuçları

Numune 2'ye 9.6 mg/dak. sabit dozda 30 dakikalık ozonlama uygulanmıştır. Sonuçta atıksuyun çözünmüş inert kısmında % 10'luk bir giderim elde edilmiştir. Çözünmüş inert kısmın atıksu içindeki yüzdesi, ozonlama ile aynı zamanda toplam KOİ'de de % 30-35'lik bir giderim olduğundan, % 19'a yükselmiştir. Çıkış akımındaki çözünmüş inert kısım ile çözünmüş mikrobiyal ürünün toplamı olan S_R ise atıksuyun % 20'sini oluşturmakta ve standartlarla uyum sağlamaktadır.

Numune 3'e 11.2 mg/dak. sabit dozda 30 dakikalık ozonlama uygulanmıştır. Çözünmüş inert kısımda % 11'lik bir giderim numune 2 ile uyum göstermiştir. Çözünmüş inert kısmın atıksu içindeki yüzdesi ise % 18 olarak bulunmuş, çıkış akımındaki S_R ise atıksuyun % 19'unu oluşturmakta ve standartları sağlamaktadır.

- Toksikite sonuçları

% 50 seyreltme ile çalışılan üç numunenin de ham atıksuları toksik etki göstermiştir. Bunun yanında 1. ve 2. Numunelerin toplam ve süzölmüş reaktörlerinde de toksisite gözlenmiş, 3. Numunede ise toplam ve süzölmüş reaktörlerde toksisiteye rastlanmamıştır. Ozonlama sonrasında da yine aynı sonuçlara varılmış, 1. ve 2. Numunenin toplam ve süzölmüş reaktörleri toksik etki gösterirken, 3. Numunenin toplam ve süzölmüş reaktörleri toksik etki göstermemiştir.

Gözlenen değerler sonucunda , arıtma tesisi çıkışında bulunan çözünmüş inert KOİ değeri ile çözünmüş mikrobiyal ürünlerin toplamının, atıksuyun toplam KOİ'si içindeki oranlarının elde edilen sonuçlar doğrultusunda ozonlanmamış inert KOİ bileşenlerinde 0.17-0.18, ozonlanmış inert KOİ bileşenlerinde ise 0.20 olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında çözünmüş inert KOİ değerleri ve çözünmüş mikrobiyal ürünlerin değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görölmektedir. Sonuçlar hesaplanan bu bileşenlerin toksisite-KOİ bileşenleri ilişkisinin tam olarak

yorumlandırılmasında yeterli olamayacağını göstermekte ve toksisite-KOİ bileşenleri ilişkisinin belirlenebilmesi için daha detaylı bir araştırmanın yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak endüstriyel atıksuların konvansiyonel karakterizasyonunda toksisite parametresi “ *D. Magna*” ya başlangıçta yer verilmesi, daha detaylı bir toksisite araştırmasının yönlendirilmesine katkı sağlayacaktır.

Tablo 6.2.4.3 Numune 3 İçin Toksikite Deney Sonuçları, (Deneyler 4 kez tekrar edilmiştir)

Atıksu Miktarı (ml)	Seyreltme Suyu Miktarı (ml)	Ölüm Yüzdesi,%					
		Ham Atıksu	Ham Atıksu İnert KOİ Top.Reak Çıkışı.	Ham Atıksu İnert KOİ Süz.Reak. Çıkışı	Ozonlama Sonrası İnert KOİ Top.Reak Çıkışı.	Ozonlama Sonrası İnert KOİ Süz.Reak. Çıkışı	Aritma Tesisi Çıkışı
0	100	0	0	0	0	0	SP*
10	40	100	0	0	0	0	SP*
12.5	37.5	100	20±0	0	0	0	SP*
20	30	100	20±5	0	0	0	SP*
25	25	100	40±5	40±0	0	0	0
37.5	12.5	100	100	100	40±0	20±5	SP*

50	0	100	100	100	80±10	60±5	SP*
----	---	-----	-----	-----	-------	------	-----

*SP : Saptanmadı

Numune 3 için yapılan toksisite deneyleri sonucunda Tablo 6.2.4.3'den de görüldüğü üzere ham atıksu bütün seyrelme oranlarında % 100 toksik etki göstermiştir. Ham atıksu ile kurulan toplam KOİ reaktör çıkışı sonuçları % 25 seyreltmede % 100 toksik, % 50 seyreltmede % 40 toksik, % 75 seyreltmede % 20 toksik etki göstermiş, % 80 seyreltmede ise toksik etki göstermemiştir. Ham atıksu ile kurulan süzölmüş KOİ reaktör çıkışı sonuçlarına bakıldığında atıksu % 25 seyreltmede % 100 toksik, % 50 seyreltmede % 40 toksik etki göstermiş, % 60 seyreltmede ise toksik etki görülmemiştir. Diğer yandan ozonlama sonrası kurulan inert KOİ toplam atıksu reaktörü seyreltme olmaksızın % 80 toksik, % 25 seyreltmede % 40 toksik etki göstermiş, % 50 seyreltmede ise toksik etki görülmemiştir. Ozonlama sonrası kurulan inert KOİ süzölmüş atıksu reaktörü çıkış suyuna bakıldığında atıksu seyreltme olmaksızın % 60 toksik, % 25 seyreltmede % 20 toksik etki göstermiş, % 50 seyreltmede ise toksik etki görülmemiştir. Endüstrideki arıtma tesisi son çöktürme çıkışından alınan numune ise % 50 seyreltmede toksik etki göstermemiştir.

6.3. Tartışmalar

Her bir numune için elde edilen çözönmüş inert KOİ bileşenleri sırasıyla Tablo 6.3.1, Tablo 6.3.2, Tablo 6.3.3 ve Tablo 6.3.4'de gösterilmiştir. Tablo 6.3.2 ve Tablo 6.3.3'de ise Numune 2 ve Numune 3 için ham atıksu ile ozonlanmış atıksu değerleri birlikte özetlenmiştir.

Tablo 6.3.1 Numune 1 İçin Ham Atıksu İnert KOİ Bileşenleri

Parametre	Ham Atıksu(mg/l)
S _P	13
S _I	187

Tablo 6.3.1'den de görüldüğü üzere ham atıksu içindeki çözönmüş inert KOİ 187 mg/l, çözönmüş mikrobiyal ürünler ise 13 mg/l olarak hesaplamıştır.

Tablo 6.3.2 Numune 2 İçin Ozonlama Öncesi ve Sonrası İnert KOİ Bileşenleri

Parametre	Ham Atıksu(mg/l)	Ozonlanmış Atıksu(mg/l)
S _P	10	23
S _I	280	187

Tablo 6.3.2'den de görüldüğü üzere Numune 2'ye kısmi ozonlama ile atıksuyun çözünmüş inert kısmında (S_I) 93 mg/l azalma, % 33'lük bir giderim, elde edilmiştir. İnert KOİ'deki bu artış çok daha düşük ozon dozajı aynı sürede uygulanmakla birlikte Karahan ve diğ.(2002) ve Doğruel ve diğ.(2002)'de verilen % 18 ve % 16'lık artışların çok üzerinde bir değerdir. Atıksudaki çözünmüş mikrobiyal ürün ise 13 mg/l artmıştır.

Tablo 6.3.3 Numune 3 İçin Ozonlama Öncesi ve Sonrası İnert KOİ Bileşenleri

Parametre	Ham Atıksu(mg/l)	Ozonlanmış Atıksu(mg/l)
S _P	10	15
S _I	254	175

Numune 3'e kısmi ozonlama ile atıksuyun çözünmüş inert kısmında (S_I) 79 mg/l azalma ile, (Tablo 6.3.3) % 30'luk bir giderim elde edilmiştir. Atıksuyun çözünmüş mikrobiyal kısmında ise ozonlama sonrası kurulan reaktörlerde yapılan inert KOİ deneyleri ile bir miktar artış görülmektedir.

Endüstriden farklı zamanlarda alınmış 3 atıksu numunesinde yapılan deneylerle elde edilmiş olan KOİ bileşenleri detaylı olarak Tablo 6.3.4'de özetlenmiştir.

Tablo 6.3.4 İncelenen Atıksulardaki KOİ Bileşenleri

Numune	C _{TO} mg/l	S _{TO} mg/l	S _{IO} mg/l	X _T mg/l	S _{SO} mg/l	S _{HO} mg/l	X _{IO} mg/l	X _{SO} mg/l	S _{SO} /C _{TO} %	S _{IO} /C _{TO} %	S _{HO} /C _{TO} %	X _{SO} /C _{TO} %	X _{IO} /C _{TO} %
1	1200	850	187	350	SP*	SP*	4	SP*	SP*	0.16	SP*	SP*	0.003
2	1600	950	280	650	375	295	80	570	0.23	0.17	0.18	0.36	0.05
3	1560	1000	254	560	365	381	9	551	0.23	0.16	0.24	0.36	0.005

*SP: Saptanmadı

Tablo 6.3.4'den de görüldüğü üzere atıksuda partiküler inert KOİ çok az miktardadır. Çözünmüş inert kısmın atıksu içindeki oranı % 16'dır. KOİ bileşenleri içinde toplam KOİ'nin % 36'sını oluşturan yavaş ayrışan KOİ en yüksek orandadır. Kolay ayrışabilen KOİ'nin oranı % 23 iken yavaş hidroliz olan KOİ bileşeninin atıksu içindeki oranı ise % 18-24 arasında değişim göstermiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.1.1.1'de verilmiş olan literatürdeki tekstil ham atıksu karakterizasyon çalışma sonuçlarıyla aynı aralığa düşmektedir.

Tablo 3.1.1.1 ve Bölüm 6.2.3'de verilmiş olan değerler doğrultusunda ozonlama sonrası hesaplanan inert KOİ bileşenleri Tablo 6.3.5'de literatürde verilen değerlerle birlikte özetlenmiştir.

Tablo 6.3.5 Ozonlama Sonrası KOİ Bileşenlerindeki Giderim

Ozon Dozajı (mg/dak.)	Zaman (dak.)	Tük. Ozon (mg)	Top. KOİ (C _{T1})	Top. KOİ giderimi (%)	Çöz. KOİ	Çöz. KOİ giderimi (%)	S ₁ /C _T (%)	Referans
62	30	1385	650	32	480	18	18	Karahan ve diğ., 2002
61	30	1395	650	32	480	18	18	Doğruel ve diğ., 2002
40	30	710	700	24	445	18	16*	Orhon ve diğ., 2002
9,6	30	213	1600	35	950	10	19	Bu Çalışma
11,2	30	129	1560	39	900	11	18	Bu Çalışma

*15 dakika 40 mg/dak. ozon dozajı ile besleme sonucu

Tablo 6.3.5 verilmiş olan ozonlama sonucunda toplam KOİ değerlerinde % 35-39 arasında giderim sağlanmıştır. Literatürde ise bu aralık aynı tablodan görüleceği üzere % 24-32 arası değişim göstermektedir. Çözünmüş KOİ değerlerindeki giderim literatürde verilen % 18'lik giderimden farklı olarak %10 olarak bulunmuştur. Çözünmüş inert kısımdaki giderim ise % 18-19 bulunmuş ve bu değerler literatürdeki çalışmalarıyla uygunluk göstermiştir.

Her bir numune için yürütülen toksisite deney sonuçları % 50 seyreltme esas alınarak Tablo 6.3.6'da özetlenmiştir.

Tablo 6.3.6 Atıksu Numunelerinde Yürütülen Toksikite Deney Sonuçları (Deneyler 4 kez tekrar edilmiştir)

Num. No	Ölüm Yüzdesi %							
	Atıksu Miktarı (ml)	Seyreltme Suyu Miktarı (ml)	Ham Atıksu	Ham Atıksu İnert KOİ Top.Reak Çıkışı.	Ham Atıksu İnert KOİ Süz.Reak Çıkışı	Ozonlama Sonrası İnert KOİ Top.Reak Çıkışı.	Ozonlama Sonrası İnert KOİ Süz.Reak. Çıkışı	Aritma Tesisi Çıkışı
1	25	25	100	100	100	SP*	SP*	0
2	25	25	100	100	100	100	100	20±0
3	25	25	100	40±5	40±0	0	0	0

*SP: Saptanmadı

Yapılan toksisite çalışmalarında Tablo 6.3.6'da da görüldüğü gibi ham atıksuyun bütün numuneleri toksik bulunmuştur. Ayrıca % 50 seyreltmelerde 1. ve 2. numunelerin toplam ve süzölmüş inert reaktörlerinde toksisite belirlenmesine rağmen 3. numunenin toplam ve süzölmüş inert reaktörlerinde toksisiteye rastlanmamıştır.

Ozonlama sonrası kurulan reaktörler ile yapılan deney sonuçlarına bakıldığında benzer durum gözlenmiştir. Tablo 6.3.6'dan görüldüğü üzere toplam ve süzölmüş inert reaktörlerde % 50 seyreltmede 2. Numunede toksisiteye rastlanırken 3. Numunede toksisite gözlenmemiştir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, bir tekstil endüstrisi ham ve arıtılmış atıksularında *D. magna* (su piresi) ile toksisite izlenmiş, ham atıksuda biyolojik arıtılabilirlik için önem taşıyan KOİ bileşenleri belirlenerek toksisite-KOİ bileşenleri ilişkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda reaktif boyaların kullanıldığı polyester ve pamuklu boyama yapan bir tekstil endüstrisinden farklı zamanlarda 3 ayrı proses atıksu numunesi alınmıştır.

İnert KOİ bileşenlerinin belirlenmesi amacıyla literatürde (Germirli ve diğ., 1993) verilen metodlar izlenmiştir.

Ekama ve Marais (1986) tarafından geliştirilen metod doğrultusunda kolay ayrışan organik madde hesabı yapılmıştır.

Kısmi ozonlama sonucu inert KOİ bileşenlerinin belirlenmesi amacıyla yine literatürde verilen aynı metodlardan yararlanılmıştır.

Yukarıdaki kapsamda yapılan deneysel çalışmalarda aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

- Ham atıksuda KOİ bileşenleri sonuçları

Numune 1 için inert KOİ değerleri hesaplandığında, atıksu içindeki bileşenlerin oranları çözünmüş inert KOİ için % 16, partiküler inert KOİ için % 0.3 olarak hesaplanmıştır. Bunun yanında atıksuyun % 85 gibi büyük bir kısmının ayrışabilir KOİ bileşeninden meydana geldiği görülmektedir.

Numune 2 için KOİ bileşenlerinin atıksu içindeki yüzdeleri çözünmüş inert KOİ için % 17, partiküler inert KOİ için % 5, kolay ayrışan organik madde için % 23, yavaş ayrışan organik madde için % 36, hızlı hidroliz olabilen organik madde için ise % 18 olarak belirlenmiş ve hesaplanan bu değerler literatürde verilen değerlerle uygunluk göstermiştir.

Numune 3 için aynı değerler çözünmüş inert KOİ için % 16, partiküler inert KOİ için % 0.5, kolay ayrışan organik madde için % 23, yavaş ayrışan organik madde için % 36, hızlı hidroliz olabilen organik madde için % 24 olarak hesaplanmış ve yine literatürde verilen verilerle uygunluk göstermiştir.

Atıksuyun değişik zamanlarda alınan üç numunesinde toplam KOİ miktarları biraz farklı olsada ayrışabilir kısım atıksuyun % 78-85 gibi büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Ayrışabilen kısım içinde ise yavaş ayrışan organik madde % 36 ile en yüksek yüzdeye sahiptir. Diğer yandan numunelerin çözünmüş inert kısımları atıksuyun ortalama % 16'sını oluşturmakta, partiküler inert kısım ise çok az miktarda bulunmaktadır. Çıkıştaki çözünmüş inert değeri ise atıksuyun ortalama % 17'lik kısmını oluşturmakta ve literatürde verilen değerler ile uyum göstermektedir.

- Ozonlama sonrası inert KOİ değerleri sonuçları

Numune 2'ye 9.6 mg/dak. sabit dozda 30 dakikalık ozonlama uygulanmıştır. Sonuçta atıksuyun çözünmüş inert kısmında % 10'luk bir giderim elde edilmiştir. Çözünmüş inert kısmın atıksu içindeki yüzdesi, ozonlama ile aynı zamanda toplam KOİ'de de % 30-35'lik bir giderim olduğundan, % 19'a yükselmiştir. Çıkış akımındaki çözünmüş inert kısım ile çözünmüş mikrobiyal ürünün toplamı olan S_R ise atıksuyun % 20'sini oluşturmakta ve standartlarla uyum sağlamaktadır.

Numune 3'e 11.2 mg/dak. sabit dozda 30 dakikalık ozonlama uygulanmıştır. Çözünmüş inert kısımda % 11'lik bir giderim numune 2 ile uyum göstermiştir. Çözünmüş inert kısmın atıksu içindeki yüzdesi ise % 18 olarak bulunmuş, çıkış akımındaki S_R ise atıksuyun % 19'unu oluşturmakta ve standartları sağlamaktadır.

- Toksikite sonuçları

% 50 seyreltme ile çalışılan üç numunenin de ham atıksuları toksik etki göstermiştir. Bunun yanında 1. ve 2. Numunelerin toplam ve süzölmüş reaktörlerinde de toksisite gözlenmiş, 3. Numunede ise toplam ve süzölmüş reaktörlerde toksisiteye rastlanmamıştır. Ozonlama sonrasında da yine aynı sonuçlara varılmış, 1. ve 2. Numunenin toplam ve süzölmüş reaktörleri toksik etki gösterirken, 3. Numunenin toplam ve süzölmüş reaktörleri toksik etki göstermemiştir.

Gözlenen değerler sonucunda , arıtma tesisi çıkışında bulunan çözünmüş inert KOİ değeri ile çözünmüş mikrobiyal ürünlerin toplamının, atıksuyun toplam KOİ'si içindeki oranlarının elde edilen sonuçlar doğrultusunda ozonlanmamış inert KOİ bileşenlerinde 0.17-0.18, ozonlanmış inert KOİ bileşenlerinde ise 0.20 olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında çözünmüş inert KOİ değerleri ve çözünmüş mikrobiyal ürünlerin değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görölmektedir. Sonuçlar hesaplanan bu bileşenlerin toksisite-KOİ bileşenleri ilişkisinin tam olarak

yorumlandırılmasında yeterli olamayacağını göstermekte ve toksisite-KOİ bileşenleri ilişkisinin belirlenebilmesi için daha detaylı bir araştırmanın yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak endüstriyel atıksuların konvansiyonel karakterizasyonunda toksisite parametresi “ *D. Magna*” ya başlangıçta yer verilmesi, daha detaylı bir toksisite araştırmasının yönlendirilmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- APHA/AWWA/WPCF** 1989. Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 17th edition, *American Public Health Association, Washington DC*.
- APHA/AWWA/WPCF** 1998. Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edition, *American Public Health Association, Washington DC*.
- Arıcı, Y.** 2000. Tekstil Endüstrisinde Reaktif Boyarmaddelerden Kaynaklanan Rengin Fenton Prosesi ile Giderilmesi, *Yüksek Lisans Tezi, İ.TÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.
- Chen, C-Y., Shing D.C., Huang, J-B.,** 1999. Toxicity assessment of industrial wastewater treatment by microbial testing method. *Wat Sci Tech*, 39 (10-11), 139-143
- Correia, V.M., Stephenson, T. and Judd, S.J.,** 1994. Characterization of Textile Wastewater-A Review, *Environmental Technology*, 15,917-929.
- Dold, P. L., Ekama, G.A., Marais, G.V.R.,** 1980. A General Model for the Activated Sludge Model Process, *Prog. Wat. Technol.* Vol. 12, pp. 47-77.
- Dold, P.L., Marais, G.V.R.,** 1986. Evaluation of the General Activated Sludge Model Proposed by the IAWPRC Task Group, *Wat. Sci. Technol.* Vol. 18, No. 6, pp. 63-90.
- Doğruel, S., Germirli, F., Kabdaşlı, I., Insel, G., and Orhon, D.** 2002. Effect of Stream Segregation on Ozonation for the Removal of Significant COD Fractions from Textile Wastewater, *J. Chem. Technol. and Biotechnol.* 78:6-14.
- Ekama, G.A., Dold, P.L., Marais, G.V.R.,** 1986. Procedures for Determining Influent COD Fractions and the Maximum Specific Growth Rate of Heterotrophs in Activated Sludge Systems. *Wat. Sci. Technol.* Vol. 18., pp. 91-114.
- Enç V.,** 2003. Tekstil Endüstrisi Atıksularında Ozonlama İle Toksikite Gideriminin Araştırılması. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.
- EPA,** 1996. Manual. Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry, US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, EPA/625/12-96/004, Washington.
- Eremektar, G., Germirli, F., Çeki,S., Tünay,O.,** 1996. Tekstil Endüstrisi Atıksularında İnert KOİ, Örnek Uygulama, 5. *Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu '96, 25-27 Eylül, Bildiri Kitabı, s. 247-255*.
- Eremektar, G., Germirli, F., Çeki,S., Tünay,O.,** 1997. Tekstil Endüstrisi Atıksularında İnert KOİ Örnek Uygulaması, *Su Kirliliği Kontrol Dergisi, Cilt: 7, Sayı: 2, 23-31, İTÜ*

Fort D.J. and Stover.E.L., 1996. Long term whole effluent toxicity control interaction between industrial pretreatment and toxicity reduction evaluation program 51th *Purdue Industrial Waste Proceedings*, Ann Arbor Press, Inc., Chelsea, Michigan 48118.

Germirli F., 1986. Physical – Chemical Systems for the Treatment of Textile Dyeing Wastewaters. *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 110 Sahife, Haziran.

Germirli, F., Orhon, D., Tünay, O., 1990. Tekstil Endüstrisinde Atıksu Özelliklerini Etkileyen Faktörler – Örnek Tesislerde Uygulama, *İTÜ 2. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu'90, Bildiriler Kitabı*, 95-108, İstanbul, Eylül.

Germirli F., Orhon D., Artan N., Ubay E., Görgün E., 1993. Effect of Two- Stage Treatment on the Biological Treatability of Strong Industrial Wastes, *Wat. Sci. Tech.*, 28 (2), 145-154.

Germirli Babuna F., Orhon D., Artan N., Ubay E., Insel G. and Yapraklı B., 1998a. Modelling Of Activated Sludge For Textile Wastewaters, *Water Sci. Technol.*, 38, 9-17.

Germirli Babuna F., Eremektar G., and Yapraklı B., 1998b. Inert COD Fractions of Various Textile Dyeing Wastewaters, *Fresenius Environ. Bull.*, 7, 959-966.

Germirli Babuna F., Soyhan B., Eremektar G., and Orhon D., 1999. *Evaluation of Treatability For Two Textile Mill Effluents*. *Wat. Sci. Tech.*, Vol 40., No: 1. pp. 145-152.

Göknil, H., Toröz, İ., Cimşit, Y., 1984. Tekstil Endüstrisi, Çevre Genel Müdürlüğü, Endüstriyel Atıkların Kontrol ve Kısıtlama Esasları Projesi, Teknik Rapor, İTÜ Çevre ve Şehircilik Uygur Merkezi.

Henze, M.,Grady, C.P.L.Jr., Gujer, W., Marais, G.V.R., Matsuo,T., 1987. Activated Sludge Model No.1. IAWPRC, *Wat. Sci. And Technol.* Report No.1, IAWPRC, London.

Kappeler, J., and Gujer, W., 1992. Estimation of kinetic parameters of heterotrophic biomass under aerobic conditions and characterization of wastewater for activated sludge modelling, *Wat. Sci. Tech.*, 25(6), 125-139.

Karahan, O., Dulkadiroğlu, H., Kabdaşlı, I., Sözen, S., Germirli, F. and Orhon, D. 2002. Effect of Ozonation on the Biological Treatability of a Textile Mill Effluent, *Environ. Technol.* Vol. 23. pp. 1325-1336.

Krull R., Hemmi M., Otto P., and Hempel D.C.,1998. Combined Biological And Chemical Treatment Of Highly Concentrated Residual Dyehouse Liquors.,*Wat. Sci. and Technol.*, 38 (4-5), 339-346.

Ledakowicz, S., Solecka, M., Zylla, R., 2001. Biodegradation, decolourisation and detoxification of textile wastewater enhanced by advanced oxidation processes. *J Biotechnology*, 89, 175-184.

Meriç Panano, S., 2002. Eysel Atıksularda *Daphnia Magna* (su pireleri) ile toksisite izleme, *Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi*, 12 , 1, sh. 7-16.

- Orhon, D., Artan, N., Cimsit, Y.,** 1989. The Concept of Soluble Residual Product Formation in the Modelling of Activated Sludge, *Wat. Sci. Technol.*, Vol. 21, No. 4-5, pp. 339-350.
- Orhon, D., Artan, N.,** 1994. Modelling of Activated Sludge Systems. Technomic Press, Lancaster, PA.
- Orhon, D., Artan, N., Ateş, E.,** 1994a. A Description of Three Methods for the Determination of the Initial Inert Particulate Chemical Oxygen Demand of Wastewater. *J. Chem. Tech. Biotech.*, Vol. 61, pp. 73-80.
- Orhon, D., Tünay, O., Germirli, F., Artan, N., Sözen, S., Taşlı, R., Çokgör, E., Görgün, E.,** 1996. Hassas Bölgelerde En Uygun Arıtma Teknolojisi ve Atıksu Yönetimi, Sonuç Raporu, TTGV Destekli Statejik Odak Projesi, İTÜ, Çevre Müh. Böl., Haziran.
- Orhon, D., Dulkadiroğlu, H., Doğruel, S., Kabtaşlı, I., Sözen, S., and Germirli, F.,** 2002. Ozonotian Application in Activated Sludge Systems for a Textile Mill Effluent, *Wat. Sci and Technol.* Vol. 45 No. 12 pp. 305-313.
- Rand, G.M.,** 1995. Fundamentals of aquatic toxicology, effects, environmental fate, and risk assessment, second edition, Taylor & Francis.
- Sevimli F.,** 2000. Tekstil Endüstrisi Atıksularında Ozonlama İle Renk Giderimi ve Ozonlamanın Biyolojik Arıtılabilirliğe Etkisi. Fen Bilimleri Enstitüsü, *Doktora Tezi.*
- SKKY.,** 1998. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. 4.9.1988.
- Sözen, S.,** 1991. Tekstil Endüstrisinde Kirlenme Kontrolü, İTÜ, *Su Kalitesi Kontrolü Dergisi*, Cilt 1, Sayı 3, 133-144, İstanbul.
- Sponza, D.** 1999. Ekotoksikolojik çalışmalarda kullanılan biyotoksosite testlerinin değişik endüstrilerdeki atıksular için değerlendirilmesi, *Türkiye'de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu*, Cilt 1 s.552-533.
- Ubay, E., Orhon D., Sözen S.,** 1999. Evsel ve Endüstriyel Atıksularda KOİ Bileşenleri. *Su Kalitesi Kontrolü Dergisi*, Cilt 9, Sayı 2, sh. 31-39.
- Wang, C., Yediler, A., Lienert, D., Wang, Z., Kettrup, A.,** 2002. Toxicity Evaluation of Reactive Dyestuff, Axuiliaries and Selected Effluents in Textile Finishing Industry to Luminescent Bacteria *Vibrio Fischeri*. *Chemosphere*, 46, 339-344.

ÖZGEÇMİŞ

Arda YILDIZ, 1977 yılında İstanbul'da doğdu. 1995 yılında TED Zonguldak Koleji Özel Vakfi Lisesi'nden mezun oldu. 1996'da İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü'nü kazanarak 2000 yılında Çevre Mühendisi olarak mezun oldu. Aynı yıl İTÜ İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Yüksek Lisans Programına kabul edildi. Halen aynı bölümde yüksek lisansını sürdürmektedir.

