

T.C  
FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

134791

**EVSEL ATIKSU ARITMA TESİSİ ÇIKIŞ SULARININ  
ULTRAVİYOLE İLE DEZENFEKSİYONU**

Ayşe ÖZGÜVEN

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANİZYON BİRİMİ

YÜKSEKLİSANS TEZİ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

134781

ELAZIĞ, 2003

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANİZYON BİRİMİ

T.C.  
FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

## EVSEL ATIKSU ARITMA TESİSİ ÇIKIŞ SULARININ ULTRAVİYOLE İLE DEZENFEKSİYONU

Ayşe ÖZGÜVEN

YÜKSEKLİSANS TEZİ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez, 13.01.2004 tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği ile başarılı olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç.Dr. Yusuf SAATÇI

Üye: Prof.Dr. Mustafa ARSLAN

Üye: Prof.Dr. Mehmet CİCİ

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 21./01./2004. tarih ve  
.....3/3..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

## TEŐEKKÜR

Bu tez çalışmamın yrtclgn üstlenen ve çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Yusuf SAATÇI' ye teŐekkür ederim. Ayrıca çalışmam süresince gerekli desteği sağlayan Arř. Gör. Işıl ARSLAN ve Arř.Gör. Yavuz DEMİRCİ ile Aysun KAÇMAZ' a teŐekkür ederim.

Çalışmamın yürütülmesinde maddi destek sağlayan Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (FBAB) alışanlarına da teŐekkürlerimi arz ederim.

Ayşe OZGVEN



TE. YZRZCYN MERKEZİ

## İÇİNDEKİLER

	<u>SAYFA</u>
İÇİNDEKİLER.....	I
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	II
TABLÖLAR LİSTESİ.....	III
EKLER LİSTESİ.....	IV
KISALTMALAR LİSTESİ.....	V
ÖZET.....	VI
ABSTRACT.....	VII
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. Ultraviyole Işını ile Dezenfeksiyon.....	4
2.2. UV Radyasyonunun Antiseptik Etkisi.....	4
2.3. UV Lamba Teknolojileri.....	6
2.4. UV Dezenfeksiyon Sistemi Bileşenleri ve Şekilleri.....	7
2.4.1. Açık Kanallı Dezenfeksiyon Sistemleri.....	7
2.4.2. Kapalı Kanallı Dezenfeksiyon Sistemleri.....	7
2.5. UV Dozunun Belirlenmesi.....	9
2.6. Mikroorganizmaların Karakteristikleri.....	10
2.7. Atıksudaki Kimyasal Bileşiklerin UV Dezenfeksiyonuna Etkisi.....	10
3. LİTERATÜR ÖZETİ.....	12
4. MATERYAL VE METOT.....	14
4.1. Numune Alma ve Karakterizasyon Çalışmaları.....	14
4.2. Analiz Yöntemleri.....	14
4.2.1. Bakteriyolojik Analizler.....	14
4.2.2. Fiziksel ve Kimyasal Analizler.....	15
4.3. UV Sistem Dizayını ve Dezenfeksiyon Çalışmaları.....	16
5. BULGULAR.....	18
5.1. Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyu Karakteristikleri.....	18
5.2. Perlit Filtre Verimi.....	21
5.3. Sistemin Dezenfeksiyon Verimi.....	23
6. SONUÇLAR.....	29
KAYNAKLAR.....	30
EKLER.....	35

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>SAYFA</u>
Şekil 2.1. Silindirik Bir UV Reaktörü.....	8
Şekil 4.1. UV Sistemi.....	15
Şekil 5.1. Arıtma Tesisi Çıkış Suyu pH Değişimleri.....	18
Şekil 5.2. Arıtma Tesisi Çıkış Suyu Toplam Alkalinite Değişimleri.....	18
Şekil 5.3. Arıtma Tesisi Çıkış Suyu Toplam Sertlik Değişimleri.....	19
Şekil 5.4. Arıtma Tesisi Çıkış Suyu İletkenlik Değişimleri.....	19
Şekil 5.5. Arıtma Tesisi Çıkış Suyu TKM, UKM ve AKM Değişimleri.....	20
Şekil 5.6. Arıtma Tesisi Çıkış Suyu Bulanıklık Değişimleri.....	20
Şekil 5.7. Arıtma Tesisi Çıkış Suyu Toplam Koliform Değişimleri.....	21
Şekil 5.8. Arıtma Tesisi Çıkış Suyu Fekal Koliform Değişimleri.....	21
Şekil 5.9. Perlit Filtre AKM Giderme Verimi.....	22
Şekil 5.10. Perlit Filtre Bulanıklık Giderme Verimi.....	22
Şekil 5.11. Perlit Filtre Toplam Koliform Giderme Verimi.....	23
Şekil 5.12. Perlit Filtre Fekal Koliform Giderme Verimi.....	23
Şekil 5.13. UV Sisteminin Toplam Bakteri Giderme Verimi.....	24
Şekil 5.14. 2 Dakikalık HTS Şartlarında Çıkış Suyundaki Toplam Koliform Değişimleri....	24
Şekil 5.15. 2 Dakikalık HTS Şartlarında Çıkış Suyundaki Fekal Koliform Değişimleri.....	25
Şekil 5.16. UV Çıkış Suyunda AKM-Toplam ve Fekal Koliform İlişkisi .....	26
Şekil 5.17. Filtre-UV Sistemi Çıkış Suyunda AKM-Toplam ve Fekal Koliform İlişkisi.....	26
Şekil 5.18. UV Çıkış Suyunda Bulanıklık-Toplam ve Fekal Koliform İlişkisi.....	27
Şekil 5.19. Filtre-UV Sistemi Çıkış Suyunda Bulanıklık-Toplam ve Fekal Koliform İlişkisi..	27

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM VE ARAŞTIRMA BAKANLIĞI**  
**TEKİRGÖZ TEKNİK ENSTİTÜSÜ**

## TABLULAR LİSTESİ

### SAYFA

Tablo 2.1. Çıkış Sularında Tahmin Edilen Fekal Koliform Konsantrasyonları.....	9
Tablo 2.2. Atıksularda UV Radyasyonunun Kullanımı Üzerine Atıksu Bileşenlerinin Etkisi	11
Tablo 4.1. Kullanılan Perlit Maddesinin Özellikleri.....	16



T.C. YÜKSEKÖĞRETİM VE KÜLTÜR BAKANLIĞI  
DOKÜMANLARI

## EKLER LİSTESİ

	<u>SAYFA</u>
Ek- 1. Dezenfeksiyonda Kullanılan Atıksu Karakteristikleri.....	35
Ek- 2. Filtre Çıkışı Atıksu Karakteristikleri.....	36
Ek- 3. UV Dezenfeksiyonu ve Filtre-UV Dezenfeksiyonu Çıkış Suyu Karakteristikleri.....	37
EK-4. UV Dezenfeksiyonu ve Filtre-UV Dezenfeksiyonu Çıkış Suyunda <i>Escherichia Coli</i> Varlığı.....	38



## KISALTMALAR LİSTESİ

- AKM : Askıdaki Katı Madde  
BOİ : Biyolojik Oksijen İhtiyacı  
DNA : Deoksiribonükleik Asit  
EMB : Eozin Metilen Mavisi  
HTS : Hidrolik Temas Süresi  
KOİ : Kimyasal Oksijen İhtiyacı  
MPN : En Muhtemel Sayı  
NTU : Bulanıklık Birimi  
RNA : Reoksiribonükleik Asit  
TÇKM: Toplam Çözünmüş Katı Madde  
TKM : Toplam Katı Madde  
TOC : Toplam Organik Karbon  
UKM : Uçucu Katı Madde  
UV : Ultraviyole Işını

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### EVSEL ATIKSU ARITMA TESİSİ ÇIKIŞ SULARININ ULTRAVİYOLE İLE DEZENFEKSİYONU

Ayşe ÖZGÜVEN

Fırat Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

2003, Sayfa : 38

Bu çalışmada evsel atıksu arıtma tesisi çıkış sularının ultraviyole (UV) ışınla dezenfeksiyonu incelenmiştir. Dezenfeksiyon çalışmalarında silindirik UV reaktörü kullanılmış ve optimum verimin sağlanması için sisteme filtrasyon kademesi eklenmiştir. Sistem verimleri, katı madde, bulanıklık, temas süreleri açısından değerlendirilmiştir. 15 hafta süreyle yapılan çalışmada toplam bakteri, toplam koliform ve fekal koliform tayinleri yapılarak, alıcı ortam standartlarının sağlanması için ideal şartlar belirlenmiştir.

Sonuç olarak, evsel atıksu arıtma tesisi çıkış sularının UV ile dezenfeksiyonunda, alıcı ortam standartlarının sağlanması için filtrasyonun gerekli olduğu tespit edilmiştir. Perlit dolgulu filtre hem katı madde ve bulanıklık gideriminde hem de mikroorganizma gideriminde etkili olmuştur. Sonuçlar mikrobiyal giderimin %99,5'in üzerinde olduğunu ve alıcı ortam standartlarının sağlandığını ortaya koymuştur.

**Anahatar Kelimeler :** Evsel atıksu, Ultraviyole dezenfeksiyon, Perlit filtre, Mikrobiyal giderim, Katı madde giderimi.

## ABSTRACT

MS Thesis

### ULTRAVIOLET DESINFECTION OF EFFLUENT OF MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANT

Ayşe ÖZGÜVEN

Firat University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Environmental Engineering

2003, Page : 38

In this study, UV disinfection of effluents of municipal wastewater treatment plant has been investigated. Cylindrical UV reactor has been used and filtration stage has been added to the system for optimum efficiency. The system efficiencies have been evaluated according to solid matters, turbidity and hydraulic retention times. Total bacteria, total coliform, fecal coliform analyses have been performed during the 15 weeks study period. Ideal conditions have been determined to meet the standards in receiving waters.

As a result it has been determined that filtration was necessary to meet the standards in the receiving waters for UV disinfection of effluents of municipal wastewater treatment plant. Perlite filter was effective for removal of solid matters and also for turbidity. Results showed that removal of microorganism was over 99.5 % and meet the standards in receiving waters.

**Keywords:** Municipal wastewater, UV disinfection perlite filter, microbiological removal, solid matter removal.

## 1. GİRİŞ

Üzerinde yaşadığımız Dünya'da su kaynakları evsel ve endüstriyel kullanımlar neticesinde hızla kirlenmektedir. Böylece, içilebilir kalitedeki su miktarı gün geçtikçe azalmaktadır. Bu nedenle son 30 yılda su arıtma teknolojileri geliştirilmiş ve ileri teknoloji arıtma sistemleri üretilerek, hem içme amaçlı hem de proses amaçlı su kullanımları için uygulanabilir teknolojiler geliştirilmiştir.

Su kaynakların kullanımının artması ve özellikle rekreasyon alanlarında atıksuların oluşturduğu mikrobiyal kirlenme sonucunda, atıksuların dezenfekte edilmesi ve bu suların sulama amaçlı kullanımın düşünülmesi, artan su kıtlığına çözüm olarak ve çevre korumasında önem teşkil etmektedir. İçme sularının dezenfeksiyonunun aksine atıksularda bir çok parametre dezenfeksiyonu olumsuz etkilemekte ve pahalı hale getirmektedir. Özellikle bulanıklık, renk ve katı madde konsantrasyonunun yüksek olması atıksu dezenfeksiyonu için problemlere neden olmaktadır. Son yıllarda atıksuların arazide arıtımı için yapılan çalışmalar, bu sularla önemli ölçüde bitkisel ürün üretilip, ekonomik kazanç sağlanacağını ortaya koymuştur. Ancak yem ve yemlik bitkilerin atıksuyla yetiştirilmesinin mikrobiyal açıdan önemli sağlık problemleri oluşturacağı da önemle vurgulanmaktadır. Bu yüzden birçok ülke bu tür ürünlerin atıksuyla sulanmasını yasaklayan yönde düzenlemeler getirmiştir. Bazı ülkeler ise, atıksuyun dezenfeksiyonunu şart koşmaktadır. Özellikle evsel atıksular aktif çamur sisteminde arıtıldıktan sonra, çıkış sularında aşırı miktarlarda azot ve fosfor ihtiva etmektedir. Özellikle fosfor ötrofikasyona sebep olduğundan, deşarjdan önce ileri kademe sistemlerinde giderilmesi gerekir. Filtrasyonla atıksudaki askıda katı madde ve buna bağlı olarak fosfor, azot, bulanıklık ve kısmen mikroorganizma giderimi sağlanmaktadır.

Bu çalışmada biyolojik arıtmadan geçirilmiş evsel atıksuların dezenfeksiyonunda UV rektörlerinin verimliliğini belirlemek, dezenfeksiyon verimini artırabilmek için optimum şartları ortaya koymak ve olumsuz şartları en aza indirmek için uygun sistemin kurulması amaçlanmıştır. Bu amaçla atıksuyun dezenfeksiyonunu etkileyen bazı önemli parametreleri bertaraf etmek için dezenfeksiyondan önce atıksuyun filtrelenmesi gerektiği düşünülmüştür. Filtre dolgu malzemesi olarak tarım alanlarında toprak kalitesinin iyileştirilmesinde de kullanılan perlit maddesi seçilmiştir. Perlitin kullanılmasındaki amaç ise; atıksuyun UV ile dezenfeksiyonunu daha etkili kılmak, mikrobiyal açıdan alıcı ortam standartlarını sağlayabilmek, atık perlitin toprak ıslahında kullanılabilirliği ve perlit tarafından tutulan azot ve fosforun, toprağın gübre ihtiyacını kısmen karşılayabileceğidir. Bu çalışma FÜBAB (763 No'lu) projesi olarak desteklenmiştir.

## 2. GENEL BİLGİLER

Suların kirlenmesi nedeniyle insan sağlığını etkileyen bir çok parametre ortaya çıkmaktadır. Bunların en önemlilerinden biri de mikroorganizmalardır. Sağlığımızı tehdit eden sarılık, tifo, bağırsak hastalıkları gibi hastalıklara neden olan bu mikroorganizmaların başlıca kaynakları fosseptik sızıntıları ve eski tesisatlardır. Kullandığımız sular bu açıdan büyük bir risk taşımaktadır. Suların bu tür kirlilik parametrelerinden arındırılmasının bir metodu da dezenfeksiyondur (Emir ve Salabaş, 2000). Dezenfeksiyon; çevre ve suyla taşınan patojenik organizmaları hareketsiz bırakma ve/veya yok etmek için temel mekanizma olarak kabul edilmektedir. Herhangi bir dezenfeksiyondan önce dezenfektanın etkili olabilmesi için atıksuların yeterince arıtılması önemlidir (EPA, 1999).

Dezenfeksiyon sırasında bütün organizmalar yok edilemez. Bütün organizmaların yok edilmesine ise sterilizasyon adı verilir. Dezenfeksiyon genel olarak kimyasal, fiziksel ve mekanik yöntemlerle veya radyasyonla yapılmaktadır. Kimyasal maddeler arasında klor, brom, iyot, ozon, fenol, alkol; sabun ve deterjanlar; hidrojen peroksit ve çeşitli alkaliler ve asitler vardır. Sterilizasyon dezenfeksiyondan daha ileri bir kademe olup, sporlar dahil sudaki bütün canlıların öldürülmesi işlemidir. Suların dezenfeksiyonu birkaç şekilde yapılabilir. Çökeltme, yumaklaştırma ve filtrasyon gibi işlemlerle mikroorganizmaların kısmen azaltılması mümkündür. Ancak asıl mikroorganizma giderme usulleri aşağıda belirtilmiştir. Bunlar:

- a) Kaynatma ve benzeri fiziki işlemler,
- b) Ultraviyole ışınları ile dezenfeksiyon,
- c) Bakır ve gümüş gibi metal iyonları ile,
- d) Halojenler (klor, brom, iyot) ozon, potasyum permanganat ile dezenfeksiyondur.

Dezenfektanın seçiminde ve kullanımında aşağıdaki hususlara da dikkat edilmelidir:

- \* Giderilecek mikroorganizmaların cins ve özellikleri,
- \* Dezenfektanın cinsi ve dozu,
- \* Lüzumlu temas süresi,
- \* Suyun sıcaklığı ve kimyasal özellikleri.

Fiziksel dezenfeksiyon yöntemleri arasında, ısı, ışık ve ultraviyole ışın yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca ızgara, kum tutucu, çökeltme gibi mekanik yöntemler ve biyolojik tasfiye işlemleri ile kısmen mikroorganizma giderimi sağlanmaktadır. Su ve pissuların dezenfeksiyonunda kobalt 60 gibi maddelerden çıkan gama ışınları da bir radyasyon yöntemi olarak kullanılmaktadır. Fakat uygulamada, klor ve UV yaygın olarak kullanılmaktadır (Emir ve Salabaş, 2000).

İyonlaşmayan radyasyon çeşitlerinden UV ışınları bu gruptaki diğer türler ile karşılaştırıldığında göreceli olarak daha yüksek foton enerjisine sahip olduğundan dolayı özel bir ilgi alanıdır. UV radyasyon, elektromanyetik spektrumun, X ışınları ve görülebilen radyasyon arasında yer alan kısmıdır. Biyolojik amaçlar için, 100 nm'den 380-400 nm' ye kadar dalga boylarına UV denilebilir. 100 nm'nin alt limiti 12.4 eV' luk foton enerjisine eşittir ve bu biyolojik olarak önemli görülen maddelerin izolasyonuna denk gelir (Şekerci ve Çerezci, 1997).

Ultraviyole ışınları, güneş ışınlarının 253,7 nm dalga boyundaki ışınlarıdır. Bu dalga boyundaki ışınlar, ışık spektrumunda görünen ışın ile X ışınları arasında yer alır. Ultraviyole ışını X ışınından daha az, görünen ışından ise daha fazla enerjiye sahiptir. Kısa dalga boyuna sahip ışınların enerjisi daha yüksek olduğundan ultraviyole ışın, X ışınından daha kısa ve görünen ışından daha uzun dalga boyuna sahiptir (Emir ve Salabaş, 2000).

Güneş ışığından kaynaklanan UV ışınları mikroorganizmalar üzerinde sterilizasyon etkisi yaratır. Ancak güneşten gelen bu ışınların büyük bir oranı atmosferden geçerken süzülür. Ultraviyole ışınlar civa buharlı lambalar ile de üretilebilir. Bu işlemler, yüzeylerin ve su filmlerinin dezenfeksiyonunda kullanılmaktadır. Atıksuya uygulandığında ölümcül etki, ancak birkaç milimetre kalınlığa sahip su tabakasında meydana gelir. Çünkü, su ve su içindeki askıda katı maddeler bu ışınların dağılmasına neden olurlar ( Toprak, 1994).

Fiziksel özellikleri ve biyolojik etkilerindeki farklardan dolayı UV bölgesi alt bölgelere ayrılmıştır. Yaklaşık 180 nm'den daha kısa dalga boyları, çok kuvvetli kaynaklar kullanılmadığı sürece hava tarafından yutulur. Kalan kısım, 180-300 nm arası yakın UV bölgesi olarak ayrılabilir. UV bölgesini ayırmanın farklı bir yolu da bazı biyolojik etkileri dikkate almaktır. Bu ayarlamada kara ışık bölgesi de denilen 400-315 nm arası bölge UV-A olarak adlandırılır. UV-B, 315-260 nm arasını kapsamaktadır. 200 nm ile 280 nm arasındaki ışınlar UV-C bandına girmektedir ve bu aradaki UV ışımına kısa dalga boylu ışık veya UV-C ışığı denilmektedir. Fakat dezenfeksiyon için gerekli olan ışığın dalga boyu 253.4 nm'dir. 253.4 nm dalga boylu ultraviyole ışığını veren UV-C lambaları üretilmektedir. Bu lambalar kullanılacakları ortamlara göre değişik şekillerde yapılarak sterilizatör olarak kullanılmaktadır. 2500 °K ve üzeri sıcaklıklardaki maddeler enerji vererek UV sınırları içindeki sayıda foton yayabilir. Isıtılınca ışık yayan kaynaklar muhtemelen birbirinin üzerine gelen, çizgilerden oluşan, sürekli ve yumuşak bir spektruma (tayf) sahiptirler.

Atıksu karakteristikleri ve arıtma dereceleri çeşitli dezenfeksiyon teknolojilerinin üzerinde önemli bir etki oluşturacağından dolayı alternatif dezenfeksiyon teknolojilerinin etkisini yükseltmek için özel testler ve uygun dozaj ayarları yapılmalıdır (Metcalf ve Eddy, 2003).

## 2.1. Ultraviyole Işını ile Dezenfeksiyon

Dalga boyu 253,7 nm olan ultraviyole ışınları, bir çok patojen mikroorganizmanın öldürülmesi için yeterli enerjiye sahiptir. Işının bu özelliği sayesinde suyun dezenfeksiyonu için hiçbir kimyasal ya da ısıl işlemin uygulanmasına gerek yoktur.

UV dezenfeksiyon sistemlerinde akımın hareketi için düşük basınçlı lambalar kullanılmaktadır. Bu lambalar ile verilen dozun mikropları öldürmesi için monokromatik ve polikromatiklerde ortalama dalga boyu 254 nm olacak şekilde UV dezenfeksiyon sistemleri dizayn edilmiştir (Havelaar ve diğ., 1990 ; Meulemans, 1987). Orta basınçlı lambalar tarafından verilen dozun mikropları öldürmesi için yeterli olduğunun saptanması zordur. Çünkü inaktif mikroorganizmalar için değişik dalga boyundaki UV spektrumları vardır. Bununla beraber orta basınçlı UV sistemleri tarafından verilen dozun, sisteminin tasarımı esnasında değişip değişmeyeceği yeterli derece belirlenmelidir (Geese ve Darby, 2000).

Ultraviyole ışını ile dezenfeksiyon işleminde, 253,7 nm dalga boyunda ışın üreten lambalar kullanılır. Bu lambalar dizayn açısından floresans lambalara çok benzerler. Floresans lambalar ultraviyole ışını fosfor kaplı yüzeyden geçirerek görünür ışık haline getirirken, ultraviyole lambalar ışını lamba camından herhangi bir yüzeye maruz kalmadan direk dışarıya iletir. Böylece ultraviyole enerjinin % 93'ü ışın olarak iletilmiş olur. Ultraviyole ışının dezenfeksiyon özelliği sayesinde, su içerisindeki mevcut mikroorganizmalar öldürülebildiği gibi suyun tadında ve bileşiminde hiçbir değişiklik meydana gelmez (Emir ve Salabaş, 2000).

## 2.2. UV Radyasyonunun Antiseptik Etkisi

Ultraviyole ışığı bir kimyasal dezenfeksiyondan daha çok fiziksel dezenfeksiyon olarak kullanılmıştır. Radyasyon, mikroorganizmaların hücre duvarına nüfuz eder ve nükleik asitler tarafından absorblanır. Bu olay ya hücre bölünmesi ile çoğalmayı önler ya da hücrelerin ölmesine neden olur. UV dezenfeksiyon proseslerinin etkisi bir takım değişik karakteristikler ihtiva eden UV dezenfeksiyon sistemlerine bağlıdır. Bu karakteristikler; tüm sistem hidrolikleri, taneciklerin varlığı, mikroorganizmaların karakteristikleri ve atıksuyun kimyasal karakteristikleridir. Bu konuları ele almadan önce UV dozunun tanımlanmasını göz önünde bulundurmak gerekir (Metcalf ve Eddy, 2003).

UV dezenfeksiyon sistemi, bir civa ark lambasından bir organizmanın genetik materyaline (DNA ve RNA) elektromanyetik enerji transfer eder. Civa buharı içinden geçen bir elektrik akımı tarafından oluşturulan UV radyasyonu, mikroorganizmaların genetik materyaline nüfuz eder ve onların çoğalma kabiliyetini yavaşlatır (EPA, 1999).

UV sistemlerinde alüminyum yada paslanmaz çelik bir yatak, lambayı sarmakta ve bu yataktan geçen su UV ışınlarının bombardımanına uğratılmaktadır. UV sisteminin çalışma prensibi, mikroorganizmaların DNA ve RNA yapılarını bozarak etkisiz hale getirmektedir. UV

dezenfeksiyonunun tam olarak gerçekleşebilmesi için suyun bulanık ve renkli olmaması gerekir. Bu nedenle genelde UV öncesinde 5 mikronluk filtre tavsiye edilir. Mikropları öldürme kapasitesi zaman geçtikçe azalır ve yılda bir kez lambasının yenilenmesi tavsiye edilir.

Antiseptik verim için verilen dalga boyunun mikroorganizma karakteristikleri üzerinde yaptığı farklı değişikliklerin nedenleri ;

1. Mikroorganizmanın DNA sıdaki timin ile sitozin bileşenlerinin ilişkisi,
2. İnaktif madde tarafından hücredeki UV ışığının dağılması ve absorbanı,
3. DNA sistemlerinin spesifik karakteristikleri (Geese ve Darby, 2000).

Hedeflenen mikroorganizmanın DNA'sındaki bileşenlerin çeşitliliği, antiseptik verim için etkili olacaktır. Çünkü bu bileşenlerin absorban spektrumunun şekli farklıdır (Jagger, 1985). Ortalama basınçtaki UV sistemleri tarafından verilen antiseptik yoğunluğun mikroorganizmalar üzerinde yaptığı değişikliğin yeteri kadar olup olmadığına dikkat edilmiştir (Geese ve Darby, 2000).

Düşük basınçlı civa lambası kullanılarak kısa UV dalgaları üreten bir dezenfeksiyon sistemi, bakteri, protozoa, virüs, küf, mantar, alg ve bunların yumurtalarını etkisiz hale getirmektedir. Uygun dozajda ki ultraviyole radyasyonu ile toksik yan ürünler oluşturmaksızın atıksulardaki virüs ve bakteriler için uygun bir etki sağlanmıştır. Atıksu dezenfeksiyonunda UV yaklaşımını daha iyi anlamak için aşağıdaki konular izlenilmiş ve göz önünde bulundurulmuştur:

- 1) UV radyasyonun kaynağı,
- 2) UV sistem bileşenleri ve şekli,
- 3) UV radyasyonunun antiseptik etkisi,
- 4) UV dezenfeksiyon prosesinin modellenmesi,
- 5) UV dozunun tahmini,
- 6) UV sistem performansının geçerliliği,
- 7) UV sistemlerinin dizaynı,
- 8) UV radyasyonu ile dezenfeksiyonun çevresel etkisi (Metcalf ve Eddy, 2003).

UV ışınının yayılımı sonucunda lamba içindeki civa buharı uyarılarak enerji üretilmektedir. Düşük basınçlı düşük yoğunluklu UV lambaları, etkili mikrobiyal inaktivasyon için 260 nm ye yakın (255-265 nm) 254 nm dalga boyunda monokromatik radyasyon üretirler. Bütün durumlarda civa-argon lambaları UV-C dalga boyu bölgesi üretmek için kullanılmaktadır. Düşük basınçlı düşük yoğunluklu UV lambalarının dizaynında uzunluk 0,75 m ile 1,5 m arasında ve çaplar 15 mm'den 20 mm'ye kadar değişir. Bu lambalarda optimum işletme için lamba duvarı sıcaklığı 40<sup>0</sup> C ve iç basıncı 0,007 mm Hg'dir (1mm Hg = 133,322 N/m<sup>2</sup>). Düşük basınçlı düşük yoğunluklu lambaların 254 nm dalga boyunda 70-80 W giriş gücü

için çıkış gücü yaklaşık 25- 27 W arasındadır. Monokromatik lambaların 254 nm dalga boyunda çıkış gücünün % 85-88 arasında olması dezenfeksiyon prosesleri için etkili bir seçimdir. Kuartz kılıflar UV lambayı direk su temasından izole etmek ve uygun UV lamba çıkış gücü sağlayarak çıkıştaki aşırı sıcaklığın tamponlanması ile lamba duvarı sıcaklığının kontrolü için kullanılmaktadır. Düşük basınçlı düşük yoğunluklu UV lambadaki sıvı cıvanın fazla olmasından dolayı lamba duvarının en soğuk bölgesinde civa buharı basıncı kontrol edilmektedir. Eğer lamba duvarının optimum sıcaklığı 40 °C olduğu gibi kalmazsa UV fotonlarını serbest bırakmak için mevcut civa atomlarının sayısı azaltılarak lambadaki civa yoğunlaştırılır ve sıvı duruma geçer. Bu nedenle UV çıkış gücü azalır. Kuartz kılıfın ve elektrotların eskimesi sonucunda UV lamba içindeki elektron havuzundaki azalmadan dolayı UV sistemlerinin çıkış gücü de azalır. Düşük basınçlı düşük yoğunluklu UV lambalarının kullanım süresi 9000 saatten 13000 saate kadar değişir. Bu da her gün lambanın açık-kapalı olmasına bağlıdır. Kuartz kılıfın ömrü 4-8 yıldır (Metcalf ve Eddy, 2003).

### 2.3. UV Lamba Teknolojileri

Atıksu dezenfeksiyonu için teknoloji yaklaşımları geliştirilmiştir. Atıksu uygulamalarını kapsayan lambaların 2 tipi geliştirilmiştir.

- 1) Darbe enerjili geniş bantlı xenon lambaları (darbeli UV)
- 2) Geniş bantlı excimer UV lambaları

Darbeli UV lambaların işletme prensibi bir kondansatörde depolanmış doğru akımın alternatif akıma dönüşmesini kapsar. Güçlü bir UV radyasyon alanı üretmek için kondansatörde birikmiş enerji yüksek hızdaki anahtar açılarak serbest bırakılmıştır. Her bir anahtarın kapatılmasında lamba yanar ve iyonize gaz üretilir (plazma). Lamba duvarlarına ulaşıncaya kadar plazma genişler. Isınma sonucunda plazma tarafından elektrik akımı taşınır, plazma sıcaklığı yaklaşık 10.000 °K'e kadar yükselir. Sıcaklıktaki bu yükselme kuvvetli geniş bantlı spektrumu kapsar. UV ışını, görünür ve infrared dalgaboyları plazma tarafından yayılır. Darbeli UV lambasında üretilen radyasyon deniz seviyesindeki güneş ışınından 20 kat kuvvetlidir (EPRI, 1996; O'Brien ve diğ., 1996).

Geniş bantlı excimer lambaları esasen monokromatik radyasyon üretirler. Kısa akımlar boyunca elektronlar gaz molekülleri ile çarpışır. Harekete geçen gaz molekülleri arasında meydana gelen çarpışmalar dimerlerin oluşumu ile sonuçlanır. Gazlar Kripton klorür (KrCl), Kripton (Kr), Xenon klorür (XeCl) içerirler. Lamba içinde kullanılan gaza bağlı olarak excimer UV lambaları tarafından belirli dalgaboyundaki ışınlar yayılır. Ticari excimer lambaları genellikle 172, 222 ve 308 nm dalgaboylarında monokromatik ışın yayarlar ( EPRI, 1996; O'Brien ve diğ., 1996 ).

## 2.4. UV Dezenfeksiyon Sistemi Bileşenleri ve Şekilleri

UV dezenfeksiyon sistemlerinin başlıca bileşenleri:

- 1) UV lambaları,
- 2) UV lamba üzerine yerleşmiş kuartz kılıflar,
- 3) Kuartz kılıf ve UV lambalar için desteklenmiş yapı,
- 4) UV lambalara düzenli güç sağlamak için kullanılan balastlar,
- 5) Balastlara güç vermek için kullanılan güç temini,

gibi bileşenlerden oluşmaktadır. 3 tip balast kullanılmıştır:

- 1) Standart ( iç bobin)
- 2) Etkili enerjili ( iç bobin)
- 3) Elektronik (katı durumda)

Balastlar bir lambadaki akımı sınırlandırmak için kullanılmıştır. UV lambaların ark akımlı cihazlarından ve ark içindeki fazla miktarda akımdan dolayı daha düşük direnç meydana gelir. Bir balasttaki akım sınırlanmazsa lamba kendi kendini yok eder. UV dezenfeksiyon sistemlerinin dizaynında balast ve lambaların birbirine uyması önemlidir. Atıksu dezenfeksiyonu için UV sistemleri meydana gelen akışa göre kapalı ve açık kanallı olarak sınıflandırılmıştır (Metcalf ve Eddy, 2003).

### 2.4.1. Açık Kanallı Dezenfeksiyon Sistemleri

Atıksu dezenfeksiyonu için kullanılan düşük basınçlı düşük yoğunluklu ve düşük basınçlı, yüksek yoğunluklu açık kanallı UV sistemlerinde lamba akışa paralel ve yatay olarak yerleştirilmiştir. Her kanal 2 veya daha fazla UV lamba bankları içerir ve her bank belirtilmiş sayıda modül ( kapsül) ihtiva eder.

Yedek durumda bir bank veya kanal kullanılması sistem emniyeti için önemlidir. Her modül belirtilmiş sayıda kuartz kılıfla kaplanmış UV lambaları ihtiva eder. Her modüldeki UV lamba sayısı 2, 4, 6, 8, 12 veya 16 dır. Ağırlıklı kanat şeklindeki kapı ve otomatik seviye kapakları dezenfeksiyon kanalı boyunca dipteki akışı kontrol etmek için kullanılmıştır. Sıvı ortamdaki ışın yoğunluğunu azaltan kirletici etkileri azaltmak için kirleticiler akış kanalından uzaklaştırılmalıdır ve lamba temizlenmelidir. Kuartz kılıftaki kirlenmeyi önlemek için düşük basınçlı yüksek yoğunluklu mekanik temizleme sistemleri kullanılır (Metcalf ve Eddy, 2003).

### 2.4.2. Kapalı Kanallı Dezenfeksiyon Sistemleri

Düşük basınçlı-yüksek yoğunluklu ve orta basınçlı-yüksek yoğunluklu UV dezenfeksiyon sistemleri kapalı kanallı olarak dizayn edilmiştir. Pek çok dizayn şekillerinde lambalar akış yönüne düşey olarak yerleştirilmiştir. UV lambalar akış yönüne paralel olarak da yerleştirilebilir. Orta basınçlı UV dezenfeksiyon sistemlerinde modüller içine lambalar dizilmiştir ve sabit reaktör geometrisi içine yerleştirilmiştir. Yüksek yoğunluklu UV lambaları,

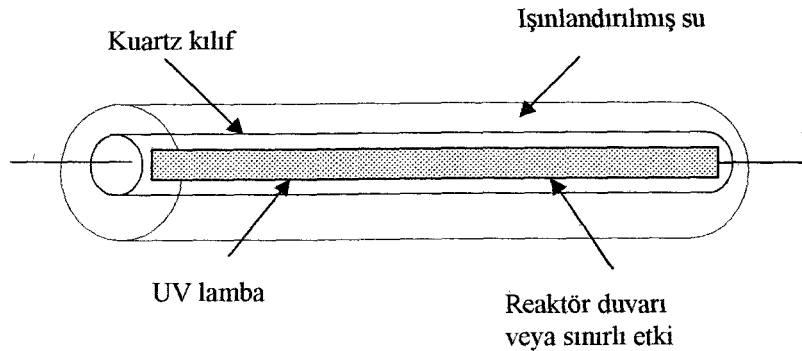
lamba duvarı sıcaklığı 600-800 °C arasında olacak şekilde çalıştırılmaktadır. Bu lambaların UV çıkış gücü çıkış sıcaklığından etkilenmemektedir. Atıksu dezenfeksiyonu için kullanılan kapalı ve sabit geometrili sistemler kuartz kılıfların mekanik temizleme performansını artırmak için kullanılmıştır (Metcalf ve Eddy, 2003).

Pek çok UV dezenfeksiyon reaktörleri paralel olarak sıralanmış lambalardan meydana gelmiştir. Kuartz kılıf dışındaki bir silindirik kanal içinde akan ışınlandırılmış su ile kuartz kılıf içindeki bir uzun lambayı kapsayan basitleştirilmiş bir reaktör hacmi Şekil 2.1' de gösterilmiştir. Burada gösterilen model bir silindirik reaktörle sınırlandırılmıştır (Bolton,2000).

UV akış hızları reaktörde noktadan noktaya değişmektedir. Fakat su radyal olarak iyi karışmışsa reaktör boyunca (ideal tıpa akışı) bütün hacim elementleri aynı UV dozuna maruz kalacaktır. Etkili bir karıştırma olmazsa, sudaki hacim elementlerinin bazıları daha yüksek doza bazıları da daha düşük doza maruz kalacaktır. Böylece bazı bakteriler veya virüslerin hepsi ölmeyecek ve reaktörü geçtikten sonra da canlılıklarını koruyacaklardır (Chiu ve diğ., 1999).

Geçirgenlik atıksuda bulunan organik ve inorganik bileşikler, bulanıklık ve renk ile azalmıştır. Eysel çıkıştaki UV geçirgenliği endüstriyel çıkıştakinden daha yüksektir. UV lamba kılıflarının üzerindeki maddeler (yağ ve gres, askıdaki katı maddeler, mineral tuzlar ve biofilm) UV ışığını absorblarlar. Pilot ünitelerin performansı giriş ve çıkıştaki koliform seviyelerinin test edilmesi ile izlenmektedir. Çıkıştaki koliform seviyelerindeki artış ve kılıf üzerindeki görünür bir şekilde oluşan birikimler lambaların temizlenmesi gerektiğini gösterir

Özellikle fiziksel olarak meydana gelen kirlenme, üçüncü arıtma ile büyük ölçüde azaltılmıştır. Bütün sistemlerdeki kirlenme periyodik temizleme gerektirir. Tojan teknolojilerine göre , antiseptik etki için gerekli doz fekal koliform konsantrasyonu için 30 000  $\mu\text{W} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$ , atıksu geçirgenliği % 65 ve çıkıştaki askıdaki katı madde konsantrasyonu 30 mg/L'dir. İkincil arıtmada dezenfeksiyondan önce koliform konsantrasyonu  $10^5$  organizma/100 ml ve dezenfeksiyondan sonra 10 organizma /100 ml dir (Tablo 2.1).



Şekil 2.1. Silindirik UV Dezenfeksiyon Reaktörü.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
EĞİTİM BAKANLIĞI

**Tablo 2.1.** Çıkış Sularında Tahmin Edilen Fekal Koliform Konsantrasyonları.

Çıkış suyu tipi	Tahmini fekal koliform konsantrasyonu ( koliform / 100 ml)
Birincil	$10^6-10^7$
İkincil	$10^4-10^5$
Üçüncül	$10^3-10^5$

Üreticiler, UV lamba sayısını ayarlama da deneysel olarak ışık geçirgenliği % 65 den küçük, çıkıştaki askıda madde konsantrasyonunu 30 mg/L'den düşük olarak kullanmışlardır. Bir UV dezenfeksiyon tesisi iki veya daha çok sayıdaki tanklar ile sabit su seviyesini koruyan cihazlardan meydana gelmektedir. Genel olarak en az iki tank kullanılmalıdır. Büyük tesislerde kullanılan çok sayıdaki tank enerji masrafını azaltabilir (Mann ve Cramer, 1992).

Yatay açık kanallı lamba sistemlerinde su derinliği lambanın üst seviyesinin üzerine çıktığı zaman atıksuyun akışı önlenmelidir. Bu sistemlerde lamba kuartz tüple kaplanmıştır. Lamba kanal içine yatay ve akışa paralel olarak monte edilmiştir.

Bu sistemlerde su seviyesini kontrol için 3 genel dizayn yaklaşımı vardır:

- 1) Otomatik kontrol vanaları,
- 2) Kendi kendine ayarlanabilir eş ağırlıklı kanal kapakları,
- 3) Setler,

Otomatik kontrol vanaları UV lambalarının akış yönündeki tarafına konulursa, güvenilir su seviye kontrolü sağlanabilir. Fakat bu sistem elektrikli işletme vanaları ile elektronik regülatörlere bağlıdır. Çoğu sistemlerde, kendi kendine ayarlanabilen seviye kontrol kanal kapakları kullanılır. Kendi kendine ayarlanabilen seviye kontrol kanal kapakları nispeten düşük masraflıdır ve ilave tank eklenebilir. Ayrıca, güvenilir ve az bakım gerektirirler. Fakat uygun yükleme ve denge sağlamada kullanılan uygun ağırlığın dizaynı için hassastırlar. Kendi kendine ayarlanabilen seviye kontrol kanal kapakları akış boyunca artan su seviyesini azaltır. UV dezenfeksiyon sistem dizaynı otomatik kontrol vanaları ve setler yerine, kendi kendine ayarlanabilen seviye kontrol kanal kapakları temeline dayandırılmıştır. Etkili akış, tank içerisine daldırılmış vanalar ile kontrol edilebilir. Etkili kanal kapakları ve vanalar nispeten büyük kesit alanlarında özellikle su seviye kontrolü için kendi kendine ayarlanabilen seviye kontrol kanal kapaklarının kullanıldığı yerlerde kaçınılmaz olabilir (Mann ve Cramer, 1992).

## 2.5. UV Dozunun Belirlenmesi

UV dezenfeksiyonunun etkisi mikroorganizmalara maruz bırakılan UV dozu temeline dayanmaktadır. UV dozu  $D$  ile tanımlanmıştır ve aşağıda gösterilmiştir:

$$D = I \cdot t \quad (1)$$

Burada ;

$D = \text{UV Dozu, } \text{mJ/cm}^2 \text{ (mJ/cm}^2 = \text{mW.s/ cm}^2)$

$I = \text{UV yoğunluğu, mW/cm}^2$

$t = \text{alınma zamanı, s}$

UV doz ifadesi, klorla dezenfeksiyonda kullanılan doz ifadesine benzer bir biçimde kullanılmıştır (Denklem 1). UV dozu ya yoğunluk yada alınma zamanının değişmesinden etkilenebilir. Kuartz kılıftan uzaklaştıkça UV yoğunluğunun azalmasından dolayı UV dezenfeksiyon sistemindeki ortalama UV yoğunluğu matematiksel olarak hesaplanmıştır. Matematiksel modellemenin kullanımı, değişen UV dezenfeksiyon sistemlerinin dizaynında etkili performans için yeterli değildir (Metcalf ve Eddy, 2003).

## 2.6. Mikroorganizmaların Karakteristikleri

UV dezenfeksiyon proseslerinin etkisi mikroorganizmaların karakteristiklerine bağlıdır. Mikrobiyal giderim çalışmalarından önce UV radyasyonunun uygun dozaj değerleri ( $200 \text{ mJ/cm}^2$ 'den düşük) düşünülmüştür. Bu değerler *Giordia Lamblia* ve *Cryptosporidium*'un inaktivasyonu için etkili değildir. Fakat bu çalışmalarda çok düşük dozajda bu iki protozoa inaktif edilmiştir ( $5 \text{ ile } 15 \text{ mJ/cm}^2$  aralığında). Belirli mikroorganizmaların inaktivasyonu için gerekli UV dozları literatür bilgileri ile sağlanmaktadır (Metcalf ve Eddy, 2003).

## 2.7. Atıksudaki Kimyasal Bileşiklerin UV Dezenfeksiyonuna Etkisi

Atıksudaki kimyasal bileşiklerinin UV dezenfeksiyonu üzerindeki etkisi Tablo 2.1'de gösterilmiştir. Çözünmüş bileşenlerin UV dezenfeksiyonuna etkisi ya direk absorpsiyon yolu ile (absorpsiyonun artması en yüksek derecede UV ışığını zayıflatır) ya da UV lambayı kirletmesi yolu ile olmaktadır. Kirleticiler sıvı ortamdaki yoğunluğu azaltmıştır. Atıksu dezenfeksiyonu için UV dezenfeksiyon uygulamalarında karşılaşılan pek çok problemlerden biri de arıtma tesisindeki atıksuyun absorpsiyonunda veya geçirgenliğinde değişiklik gözlenmesidir. Geçirgenlikteki değişiklikler endüstriyel akımlardan meydana gelmektedir. Mevsimsel değişimlerin yanı sıra bu değişimler günlük olabilir. Endüstriyel etkiler; organik ve inorganik boya deşarjı, metaller ve kompleks organik bileşenler ile ilgilidir. Endüstriyel deşarjda geçirgenlik problemini çözmek için kaynak kontrol programlarını yerine getirme ve filtre edilebilme gibi özelliklerin düzenlenmesi gereklidir. Zaman ile geçirgenlikteki değişimleri belirlemek için cihazda meydana gelen geçirgenliği izlemek faydalıdır (Metcalf ve Eddy, 2003).

**Tablo 2.2.** Atıksularda UV Radyasyonunun Kullanımı Üzerine Atıksu Bileşenlerinin Etkisi (Metcalf ve Eddy, 2003).

<u>BİLEŞEN</u>	<u>ETKİ</u>
BOİ, KOİ, TOK	Çok az etkili veya etkisiz, humik materyaller olmaksızın BOİ <sub>5</sub> 'in büyük bir oranını içerir.
Humik Materyaller	UV radyasyonunu güçlü adsorbe eder.
Yağ ve Gress	UV lambanın kuartz kılıfları üzerinde birikebilir, UV radyasyonunu absorblayabilir.
TKM	UV radyasyonunu absorblar, katı madde içine gömülmüş bakteriyi absorblayabilir.
Alkalinite	Potansiyel ölçekte etkili olabilir. Aynı zamanda metallerin çözünme kabiliyetini etkiler ve UV radyasyonunu absorblayabilir.
Sertlik	Ca, Mg ve diğer tuzlar kuartz tüpler üzerinde mineral oluşumların birikmesine neden olabilir, özellikle sıcaklığı düşürürler.
Amonyak	Çok az etkili veya etkisiz.
Nitrit	Çok az etkili veya etkisiz.
Nitrat	Çok az etkili veya etkisiz.
Manganez	UV radyasyonunu güçlü adsorbe eder.
pH	Metaller veya karbonatların çözünme kabiliyetini etkileyebilir.
TÇKM	Potansiyel ölçekte etkili olabilir ve mineral birikmesine neden olabilir.
Endüstriyel deşarjlar	Bileşiklere bağlıdır (boya gibi) ve geçirgenlikte mevsimsel veya günlük değişime yol açabilir.
Aşırı akış	Bileşiklere bağlıdır. Geçirgenlikte mevsimsel ve kısa süreli değişimlere yol açabilir.

### 3. LİTERATÜR ÖZETİ

Ultraviyole ışın kaynaklarından yayılan radyasyonun antiseptik özellikleri konusunda geniş bir yaklaşım, 1900 lü yıllarda ele alınmıştır (Metcalf ve Eddy, 2003). Çamur arıtma tesislerinin çıkışında veya içme sularının dezenfeksiyonu için son zamanlarda 253.7 nm dalga boyu yayan düşük basınçlı civa lambaları (Her biri 40-100 W) kullanılmaktadır (Whitby ve diğ., 1984; Severin, 1980; Loge ve diğ., 1996; Blatchley ve diğ., 1997).

Fakat günümüzde daha yüksek güçte (1-5 W) orta basınçlı civa lambalarının kullanımına benzer yeni bir UV sisteminin üretimi gerçekleştirilmiştir (Gehr ve Nicel, 1996; Linden ve diğ., 1998). UV reaktörlerinin dizaynında akış hızını (Mw/cm) hesaplayabilmek için reaktör boyunca dağılan ve levhaların ışiksiz bölgelerine yerleşen hacimler teşhis edilmelidir. UV dezenfeksiyon reaktörlerinin dizaynında, UV ışınının reaktöre nasıl girdiğini bilmek önemlidir ve reaktördeki bileşenler yansıma ve/veya absorpsiyonu azaltmaktadır (Bolton, 2000).

Mikroorganizmaların antiseptik verim değerlerine karar vermek için 2 yaklaşım kullanılmaktadır. İlk yaklaşımda antiseptik verim yerine mikroorganizmaların absorbans ilişkisi kullanılmaktadır (absorbans; 254 nm dalga boyundaki absorbans için normalize edilmiştir) (Havelaar ve diğ., 1990). Bu yaklaşım sadece virüsler için uygundur (Harm, 1980).

İkinci yaklaşım verilen dalga boyları için mikroorganizmaların antiseptik verim değerlerine karar vermek için kullanılmıştır (Gates, 1930; Wyckoff, 1932 ; Hollaender ve Claus, 1936 ; Setlow ve Boyce, 1960). Mikroorganizmalar arasındaki antiseptik verimin değişme miktarına karar vermek için hazır veriler mevcut değildir. Bir çalışmada Gates (1930), iki bakteri için antiseptik verim değerlerini belirtmiştir. Oysa, istatistiksel analizleri içeren çalışmalar antiseptik verim değerlerinin belirlenmesinde güven aralıklarına karar vermek için yeterli değildir. Üç koliform bakterinin (*C. diversus*, *C. freundii*, *K. pneumoniae*) antiseptik verim değerlerini karşılaştırmak ve uygun antiseptik verim değerini belirlemek için UV ışığının 2 dalga boyunda da (280 ve 301 nm) deneysel çalışmalar yapılmıştır. Ortalama basınçtaki UV ışınlandırılmasında virüsler veya bakterilerin tepkisini belirlemek için antiseptik verim değerleri kullanılmıştır (Geese ve Darby, 2000).

UV ile dezenfeksiyonda amaç, suya bir kimyasal veya oksitleyici ilave etmeksizin, mikroorganizmaların dezenfeksiyonunu sağlamaktadır. Kimyasal dezenfeksiyonda teşhis edilen ve oluşan toksik yan ürünlerden dolayı kimyasal dezenfeksiyona bir alternatif olarak UV ışınlandırılması ile atıksuyun dezenfeksiyonu da bir çok çalışmada ele alınmıştır (Blatchley, 1996; Carrigan ve Cairns, 1991; Lindenauer ve Darby, 1993; Mark ve Gordon, 1994; Oppenheimer ve diğ., 1993).

Masschelein ve diğ. (1989), kısa temas süresi ve etkili virüs inaktivasyonu sağlamak için UV dezenfeksiyonunu kullanılmışlardır.

Lamba kılıfı, lamba yaşı, su bulanıklığı, askıdaki katıların ve mikroorganizmaların konsantrasyonu, akış kalınlığı gibi pek çok faktör, UV ışınlandırma verimini etkilediği birçok araştırmada belirtilmektedir (Harris ve diğ., 1987; Qualls ve diğ., 1985; Parker ve Darby, 1995). Ancak, UV dezenfeksiyonun verimi aslında suda bulunan bütün bakterilere bağlıdır (Parker ve Darby, 1995).

UV radyasyonunun verimini arttırmak için atıksu tesisi çıkış sularında flokülasyon ve filtrasyondan sonra UV arıtımı, bir çok araştırmacı tarafından önerilmektedir (Dizer ve diğ., 1993).

Emerick ve diğ. (1999), askıdaki katı konsantrasyonunun UV dezenfeksiyon performansını olumsuz yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Fakat aynı çalışmada, toplam askıdaki katı madde konsantrasyonu ve koliform bakteri içeren tanecikler arasında ilişki olmadığı da belirtilmektedir.

Hidrolik etkilerden başka atıksu içindeki tanecikler organizma içine yerleşerek ışın yoğunluğunu etkiler. Atıksudaki pek çok mikroorganizma, dağılmış ve tanecik içine yerleşmiş durumdadır. Koliform bakteriler, müsaade edilen akımın merkezinde rol oynadıklarından önemlidir (Koliform bakteriler diğer patojenik mikroorganizmalar için indikatör olarak kullanılmıştır ve koliform bakterilerin inaktivasyonu diğer patojen mikroorganizmaların inaktivasyonu ile ilişkilidir). Dağılmış durumda bulunan koliform bakteriler tam olarak UV ışığına maruz bırakılmalarından dolayı kolayca inaktif edilmektedir.

Arıtma proseslerindeki dezenfeksiyon problemleri, tanecikler içine yerleşmiş mikroorganizmalar ile ilgilidir (Oliver ve Cosgrove, 1975; Severin, 1980; Ho ve Bohm, 1981; Qualls ve diğ., 1983; Qualls ve Johnson, 1985; Scheible, 1987; Cairns, 1993; Emerick ve Darby, 1993; Darby ve diğ., 1995; Emerick ve diğ., 1999; Emerick ve diğ., 2000).

Emerick ve diğ. (2000), koliform bakterileri UV ışığından koruyan minimum tanecik büyüklüğünü araştırmışlardır. Aynı çalışmada, taneciklerin kritik büyüklüğünün, koliform bakterilerden daha büyük olduğu belirtilmekte ve tanecikler içine rastgele yerleşmiş koliform bakterilerden dolayı tanecik büyüklüğünün arttığı vurgulanmaktadır. Tanecikler içerisine yerleşmiş mikroorganizmaların etkili olarak korunduğu da benzer çalışmalarda vurgulanmaktadır (Emerick ve diğ., 1999; Emerick ve diğ., 2000). Büyük tanecikler bulanıklık üzerinde küçük bir etkiye sahip olduğundan dolayı çıkışta ölçülmüş düşük bulanıklık değerlerinde ( $\leq 2\text{NTU}$ ) fark edilmemiş büyük taneciklerin varlığından dolayı dezenfeksiyon zor olabilir (Metcalf ve Eddy, 2003).

## 4. MATERYAL VE METOT

### 4.1. Numune Alma ve Karakterizasyon Çalışmaları

Çalışmada kullanılan atıksu numuneleri Elazığ Belediyesi Evsel Atıksu arıtma tesisi çıkışından anlık numune olarak alındı. 15 hafta süresince atıksu analiz laboratuvarına getirilen numunelerde TKM, AKM, UKM, toplam sertlik, alkalinite, pH, iletkenlik, bulanıklık, sıcaklık, toplam bakteri, toplam koliform bakteri ve fekal koliform bakteri tayinleri yapıldı.

### 4.2. Analiz Yöntemleri

#### 4.2.1. Bakteriyolojik Analizler

Bakteriyolojik analizlerde toplam bakteri, toplam koliform bakteri ve fekal koliform bakteri tayinleri biyolojik ekim ve sayım yöntemlerine göre belirlendi.

Atıksudaki toplam bakteri sayısını belirlemek için ekimden önce gerekli seyreltmeler yapıldı ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ). Seyreltme işleminden sonra su örnekleri petri kutularına 1.0'er ml konuldu, Nutrient agar 48 °C ye kadar soğuduktan sonra petri kutularına (yaklaşık 10 ml) konuldu ve su örneği ile karıştırıldı (Özçelik, 1995). Petri kutuları 37 °C de kapakları alta gelecek şekilde 24-48 saat süreyle inkübe edildi. Süre sonunda 1.0 ml su örneğindeki toplam mikroorganizmalar sayıldı ve seyreltme faktörü ile çarpıldı. Koliform bakteri sayımı için laktozlu buyyon kullanıldı. Deney tüpleri içindeki sıvı besiyerine örnekler dilüsyon metoduyla ekildi. Deneyin devamında tüpler 37 °C (toplam koliform) ve 44 °C (fekal koliform)'de 48 saat süreyle inkübe edildi (Özçelik, 1995).

UV sistemi çıkışından alınan su örnekleri az sayıda mikroorganizma ihtiva ettiği için seyreltme yapmaksızın ekim yapıldı. Toplam koliform ve fekal koliform tespiti için su örnekleri, içinde laktozlu buyyon ve durham tüpleri bulunan tüpler içine 5'er paralel halinde ekildi. Tüpler 37 °C de (toplam koliform), 44 °C de (fekal koliform) 24-48 süreyle inkübe edildi (APHA ve diğ, 1985). Durham tüplerinde gaz birikimi ve buyyonun mavi-menekşe renginin sarıya döndüğü (laktozun fermentasyonu sonucu asit oluşumu) anda tüplere ekilen su örneklerinde koliform bakterilerin olduğu gözlenmektedir (Özçelik, 1995).

Ekilen 5'li gruplardaki pozitif tüp sayısına göre 100 ml suda bulunan koliform bakteri sayısı, McCrady çizelgesine göre kuvvetle muhtemel sayı (MPN) olarak bulundu (Muslu, 1995). Gaz ve renk değişmesi olan örneklerde *Escherichia Coli* arandı. Bunun için; pozitif tüplerden EMB agara öze ile sürme ekim yapıldı. EMB agar üzerinde küçük, yayvan metalik-yeşil renkte görülen koloniler *Escherichia Coli*'nin varlığını göstermektedir (Özçelik, 1995).

#### 4.2.2. Fiziksel ve Kimyasal Analizler

İletkenlik (WTF-LF 330), pH ve sıcaklık (Orion-SA 720), bulanıklık (Torbidimetro Velp-115), toplam azot ve fosfor (Nova 60 C) aletsel yöntemlerle tespit edildi.

Atıksudaki TKM,UKM, AKM, sertlik ve alkalinite konsantrasyonları, aşağıda belirtildiği gibi Standart Metot'lara göre analiz edildi (APHA ve diğ., 1985).

**Toplam Katı Madde (TKM) Tayini :** Bir porselen buharlaştırma kabı alınır. Sabit tartıma getirilmiş olan bu kap, hassas terazide tartılır. Bunun içine iyice karıştırılmış numuneden 100 ml konur. 103-105 °C'de etüvde en az 1 saat tutulur. Daha sonra kroze etüvden alınır, desikatörde soğutulur ve tartılır. Bu iki tartım yardımıyla, numunedeki toplam katı madde konsantrasyonu hesaplanır.

$$\text{TKM(mg /L)} = \frac{(A - B) \times 1000}{V}$$

Burada; A : Porselen kroze + içinde kalan maddelerin ağırlığı (mg) (103 °C'den sonra)

B : Porselen krozenin ağırlığı (mg)

V : Numune hacmi (ml)

**Uçucu Katı Madde (UKM) Tayini :**Toplam katı madde tayini yapıldıktan sonra kroze ve içinde kalan maddeler 550±50 °C'de fırında tutulur ve kroze desikatörde soğutulduktan sonra tekrar tartılır.

$$\text{UKM(mg /L)} = \frac{(A - C) \times 280}{V}$$

Burada ; A : Porselen kroze + içinde kalan maddelerin ağırlığı (mg) (103 °C'den sonra)

C : Porselen kroze + içinde kalan maddelerin ağırlığı (mg) (550 °C'den sonra)

V : Numune hacmi (ml)

**Askıda Katı Madde (AKM) Tayini :** Sabit tartıma getirilmiş fitre kağıdından belirli hacimdeki su numunesi filtrelenir. Filtre kağıdı üzerinde kalan maddelerle birlikte 103-105 °C'de etüvde kurutulduktan sonra tekrar tartılır. Bu iki tartım yardımıyla, numunedeki askıda katı madde konsantrasyonu hesaplanır.

$$\text{AKM (mg/L)} = (A-B) \cdot 1000 / V$$

Burada ; A: Filtre kağıdı ağırlığı + filtre edilemeyen katı maddelerin ağırlığı (mg) (103°C'den sonra)

B: Filtre kağıdı ağırlığı (mg)

V: Numune hacmi (ml)

**Sertlik Tayini :**25 ml numune damıtık su ile 50 ml'ye seyreltilir. Seyreltilen bu numuneye sırası ile 1-2 ml sertlik tampon çözeltisi, 250 mg NaCN ve 1-2 damla indikatör çözelti ilave edilir. Standart 0,01 M EDTA hızlı olarak mavi bir dönüm noktasına kadar titre edilir.

$$\text{Sertlik (mg/L CaCO}_3) = A \cdot 1000 / V$$

Burada; A: Titrasyonda harcanan EDTA çözeltisi (ml)

**Alkalinite Tayini:** Bir erlen içerisinde ölçülerek 100 ml su numunesi alınır ve 3 damla fenolftalein indikatör çözeltisi ilave edilir. Numune pembe bir renk alırsa renk kayboluncaya kadar standart asit çözeltisiyle titre edilir ve asit miktarı kaydedilir (P ml). Numune pembe bir renk almazsa fenolftalein alkalinitesi sıfırdır. Deneyin birinci aşamasında belirtilen fenolftalein alkalinitesi tayin edilen aynı numune örneğine, metil oranj indikatörü damlatılır ve renk sarı olur. Büretten damla damla asit çözeltisi ilave edilerek, renk sarıdan kırmızıya dönünceye kadar titre edilir ve asit miktarı kaydedilir (T ml).

$$A \text{ fenolftalein alkalinitesi (mg/L CaCO}_3) = P \text{ ml } 0,02 \text{ N H}_2\text{SO}_4 \times 10$$

$$B \text{ toplam alkalinite (mg/L CaCO}_3) = T \text{ ml } 0,02 \text{ N H}_2\text{SO}_4 \times 10$$

#### 4.3. UV Sistem Dizaynı ve Dezenfeksiyon Çalışmaları

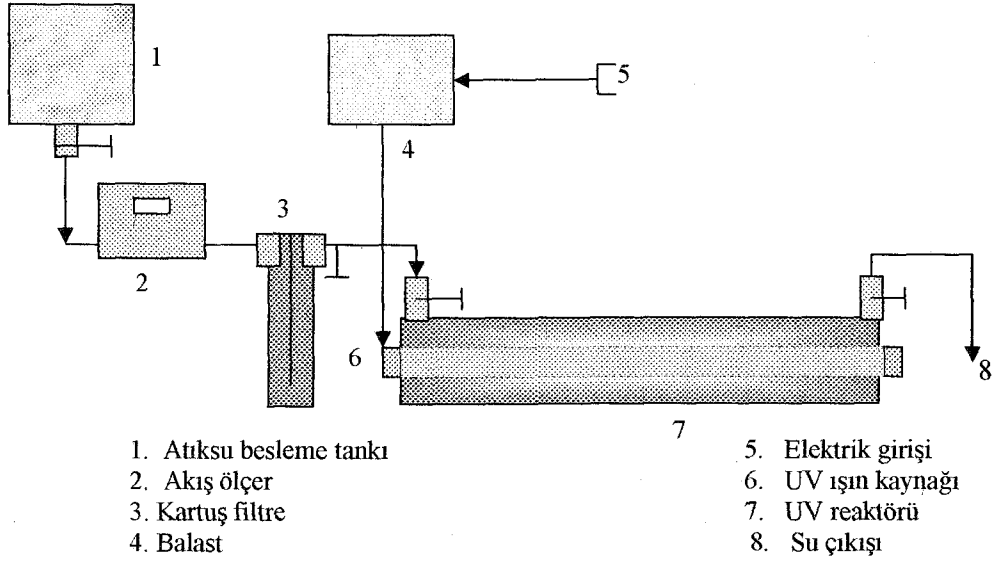
UV sistemi olarak, 254 nm dalga boyunda ışık veren düşük basınçlı düşük yoğunluklu UV lambasına sahip, 2.2 L hacminde ve 90 cm uzunluğunda bir UV reaktörü (Arbiol marka) kullanıldı. Yapılan ön çalışmaların ardından dezenfeksiyon verimini artırmak için sisteme, perlit dolgululu kartuş filtre (2,7 L hacimli) ve su akışını ölçmek için akış ölçer ilave edildi (Şekil 4.1).

Kullanılan perlit maddesi, inci taşı anlamına gelen volkanik bir madde olup, 0,0-2,5 mm aralıklarla kırıldıktan sonra boyutlandırılmakta ve 850-1250 °C'de alev şokunda geliştirilerek piyasaya sunulmaktadır. Tablo 4,1'de perlitin bazı özellikleri verilmektedir.

Elazığ Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi çıkışından alınan 30 L hacmindeki örnekler fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerin ardından 20 L hacmindeki besleme tankına konuldu ve debi ayarı yapılan sistem 19-23 °C de çalıştırıldı. Çalışma süresince sistem, filtrelili ve filtresiz olarak işletmeye alındı. Daha önceden tespit edilen optimum hidrolik temas süreleri (1 ve 2 dakika) uygulanarak yapılan 15 haftalık çalışmada sistem verimleri araştırıldı. Kartuş filtreye dolgu malzemesi olarak yaklaşık 1 mm çapa sahip perlit maddesi konuldu ve perlit filtrenin katı madde, bulanıklık, mikroorganizma, azot ve fosfor tutma verimleri incelendi.

**Tablo 4.1.** Kullanılan perlit maddesinin özellikleri (Etibank, 1998).

Fiziksel	Kimyasal	Kullanım yerleri
Renk : Beyaz	SiO <sub>2</sub> =%71-75 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =%0,5-1,45	Seracılık
Erime noktası : 1300 °C	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =%12-16 MgO=%0,03-0,5	Fide yetiştirme
Isı iletkenliği : 0,034-0,045 Kcal/Mh °C	Na <sub>2</sub> O=%2,9-4,0 TiO <sub>2</sub> =%0,03-0,2	Rutubet alma
Yoğunluk : 32-200 kg/m <sup>3</sup>	K <sub>2</sub> O=%4-5 pH=6,6-8,0	Peyzaj mimari
Ses yutuculuğu : 18 db (125 Hz'de)	CaO=%0,2-0,5	Toprak ıslahı

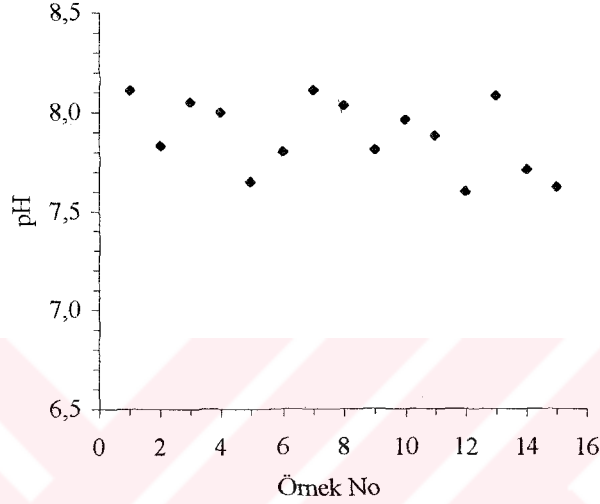


Şekil 4.1. UV Dezenfeksiyon Sistemi.

## 5. BULGULAR

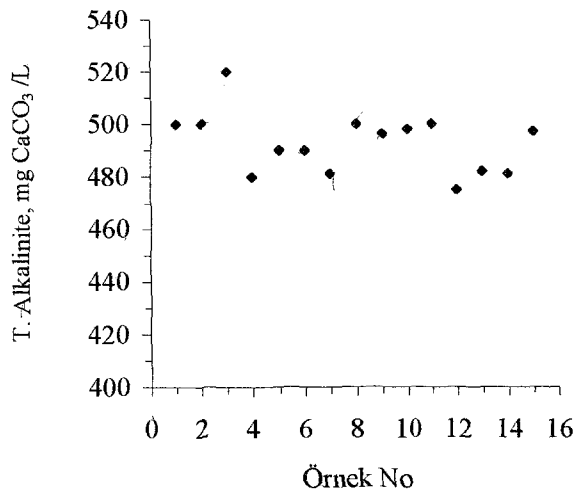
### 5.1. Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyu Karakteristikleri

Elazığ Belediyesi Evsel Atıksu Arıtma Tesisi çıkışından alınan numuneler UV dezenfeksiyonunu etkileyebilecek parametreler yönünde analiz edilmiştir. Sonuçlar toplu olarak Ek 1’de sunulmuştur. Çalışma süresince atıksuyun pH’ının 7,60-8,11 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Sonuçlar Şekil 5.1’de verilmiştir.



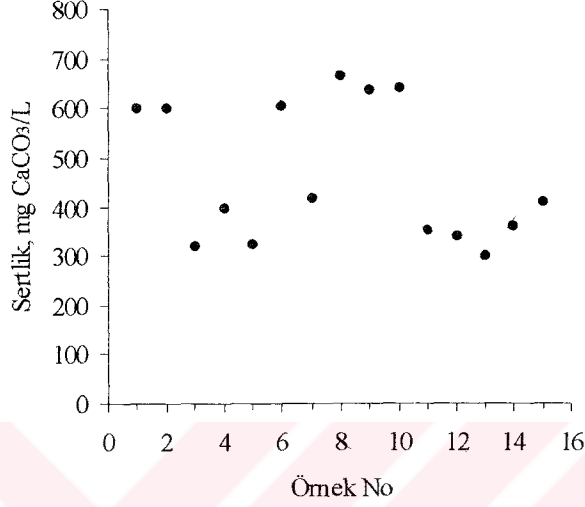
Şekil 5.1. Arıtma Tesisi Çıkış Suyu pH Değişimleri.

UV dezenfeksiyonu için kullanılan atıksuyun toplam alkalinite değerleri Şekil 5.1 ve Ek 1’de görüldüğü gibi 480-520 mg CaCO<sub>3</sub>/L aralığındadır.

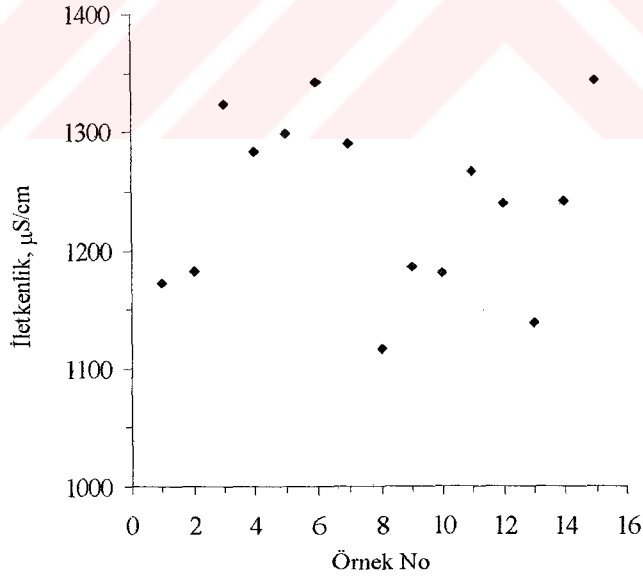


Şekil 5.2. Arıtma Tesisi Çıkış Suyu Toplam Alkalinite Değişimleri.

Atıksu arıtma tesisi çıkış sularında çalışma süresince yapılan analizlerde toplam sertlik değerinin 324-668 mg CaCO<sub>3</sub>/L aralığında olduğu ve geniş bir dağılım gösterdiği saptanmıştır. Sonuçlar, Şekil 5.3'de verilmektedir. Kullanılan atıksuyun iletkenlik değerleri ise 1117-1345 µS/cm arasında salınım göstermektedir (Şekil 5.4).



Şekil 5.3. Arıtma Tesisi Çıkış Suyu Toplam Sertlik Değişimleri.

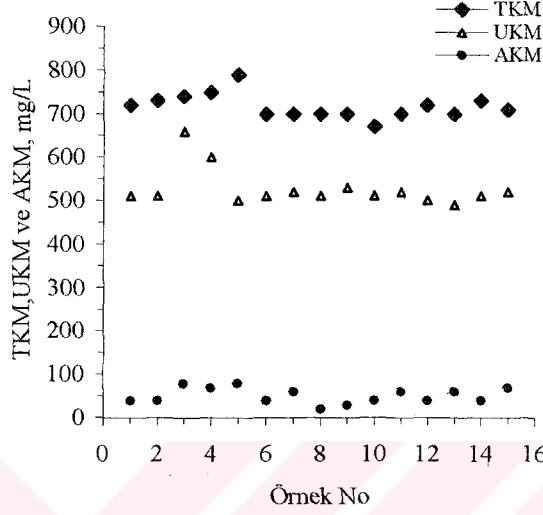


Şekil 5.4. Arıtma Tesisi Çıkış Suyu İletkenlik Değişimleri.

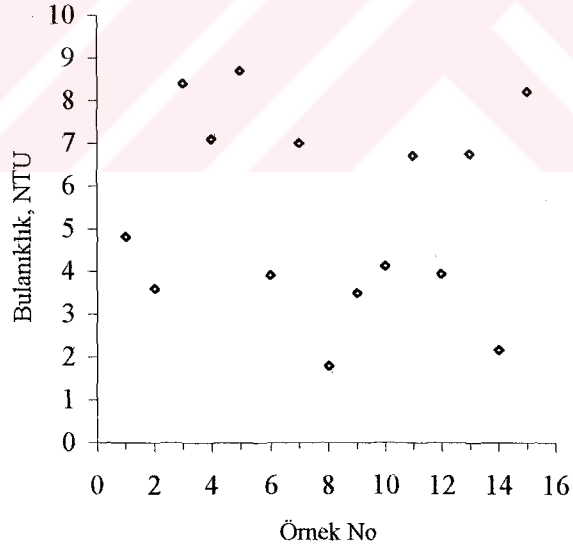
Atıksuların UV ile dezenfeksiyonunda, dezenfeksiyon verimini etkileyen önemli parametrelerden TKM, AKM ve UKM konsantrasyonları sırasıyla 670-790, 40-80 ve 490-660

mg/L aralıklarında değişmektedir (Şekil 5.5). Bulanıklık ise 1,80-8,40 NTU arasında dağılım göstermektedir (Şekil 5.6).

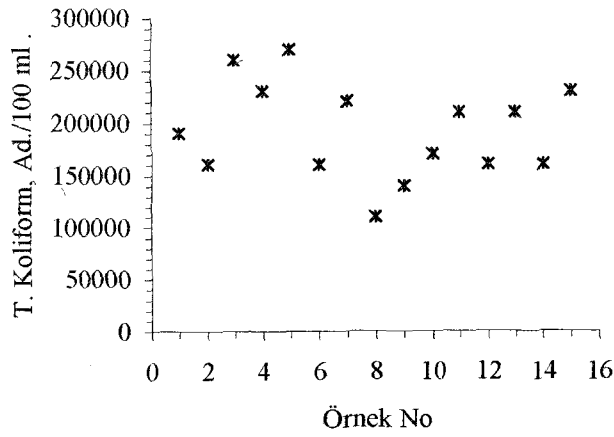
Kullanılan atıksuyun toplam koliform ve fekal koliform değerleri sırasıyla 110 000-260 000 ve 62 000-150 000 Adet/100 ml aralığında olduğu bulunmuştur. Bulgular Şekil 5.7 ve Şekil 5.8'de görülmektedir.



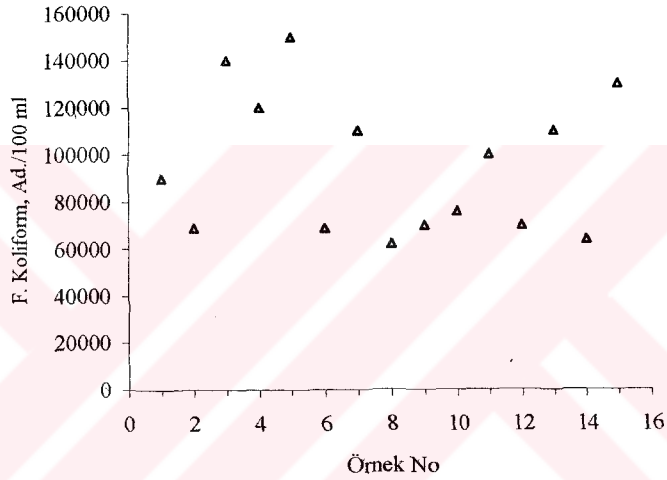
Şekil 5.5. Arıtma Tesisi Çıkış Suyu TKM, UKM ve AKM Değişimleri.



Şekil 5.6. Arıtma Tesisi Çıkış Suyu Bulanıklık Değişimleri.



Şekil 5.7. Arıtma Tesisi Çıkış Suyu Toplam Koliform Değişimleri.

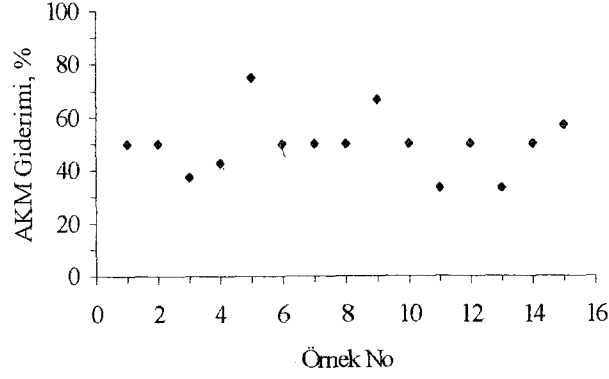


Şekil 5.8. Arıtma Tesisi Çıkış Suyu Fekal Koliform Değişimleri.

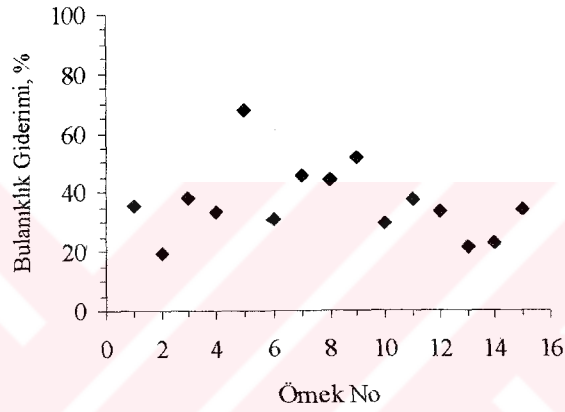
## 5.2. Perlit Filtre Verimi

Çalışma süresince perlit dolgulu kartuş filtre çıkışından alınan örneklerden filtrenin AKM, bulanıklık, toplam koliform ve fekal koliform giderimi incelenmiş olup, filtre çıkış suyu karakteristikleri Ek.2’de verilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre filtrenin AKM giderimi % 33,33 ile % 66,66 arasında değişirken (Şekil 5.9), bulanıklık giderimi %19,44 ile % 67,81 arasında değişmiştir (Şekil 5.10).



Şekil 5.9. Perlit Filtre AKM Giderim Verimi.

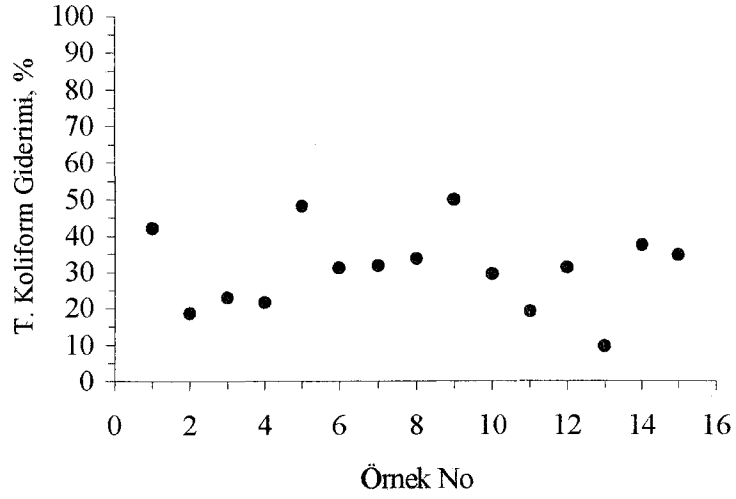


Şekil 5.10. Perlit Filtre Bulanıklık Giderme Verimi.

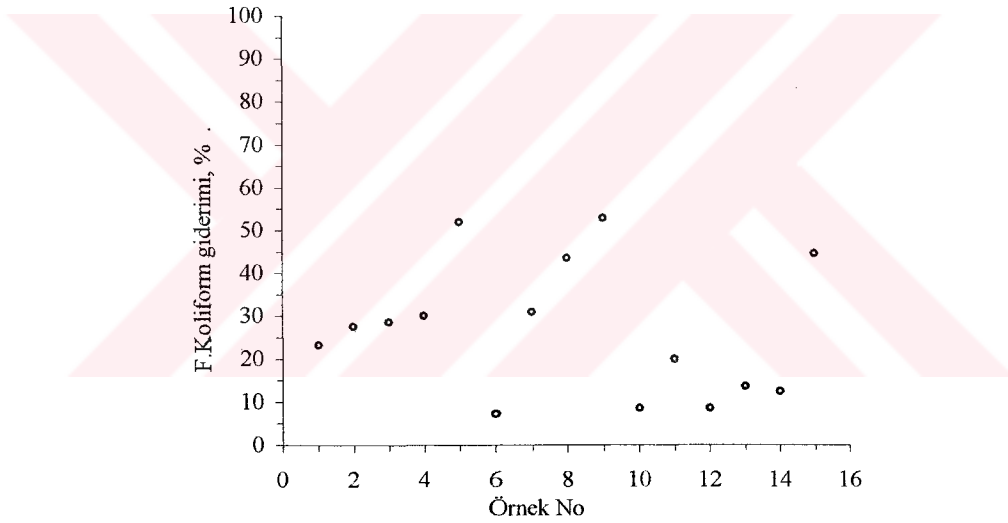
Çalışma süresince filtrenin toplam bakteri giderimi düşük düzeyde kalmıştır. Buna karşılık toplam koliform gideriminde % 9,52 ile % 48,14 aralığında giderim sağlanmıştır. Sonuçlar şekil 5.11’de görülmektedir. Filtrenin fekal koliform giderimi ise % 8,57 ile % 52,85 aralığında değişmektedir (Şekil 5.12).

Filtre çıkış sularında TKM, UKM, pH, iletkenlik, sertlik ve alkalinite değerlerinde girişe göre önemli bir değişiklik tespit edilmemiştir. Bu durumun perlit filtredeki HTS’nin 1-2 dakika olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bulgular AKM ve bulanıklık gideriminde filtrenin önemli rol oynadığını ve bu durumun koliform giderimine de yansıdığını göstermektedir.

Ayrıca filtrenin katı madde giderimine bağlı olarak azot ve fosfor giderimi de sağladığı sonraki çalışmalarda ortaya konulmuştur. Bulgularımıza göre kg filtre malzemesi başına 9.9 g toplam azot ve 7.95 g toplam fosforun tutulduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.11. Perlit Filtre Toplam Koliform Giderme Verimi.

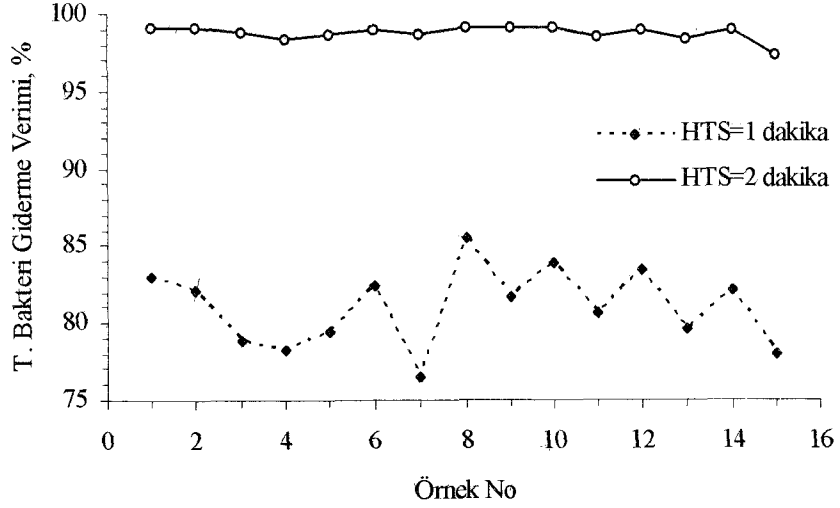


Şekil 5.12. Perlit Filtre Fekal Koliform Giderme Verimi.

### 5.3. Sistemin Dezenfeksiyon Verimi

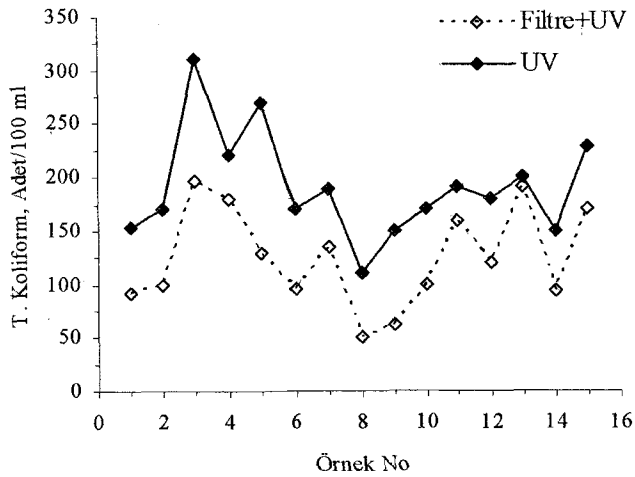
UV dezenfeksiyon sistemi filtreli ve filtresiz olmak üzere 2 ayrı aşamada çalıştırılmış ve her 2 durum için önceden belirlenen 1 ve 2 dakikalık HTS'ne maruz bırakılmıştır. Çalışma süresince UV cihazı ve filtre + UV cihazı sistem performansları mikrobiyal yönde araştırılmıştır.

Bulgularımıza göre sadece UV dezenfeksiyon sistemi kullanıldığında toplam bakteri giderimi 1 dakikalık HTS için % 76,43 ile % 83,06 arasında değişirken, 2 dakikalık HTS için % 97,40 ile % 99,15 aralığında değişmektedir (Şekil 5.13).

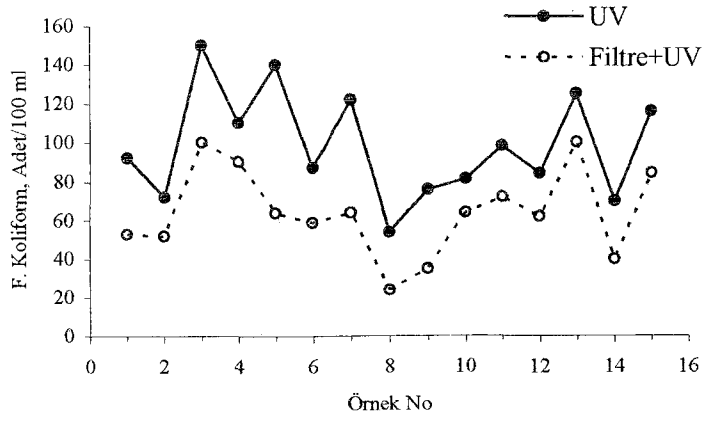


Şekil 5.13. UV Sisteminin Toplam Bakteri Giderme Verimi.

Toplam koliform gideriminde her iki HTS için giderme verimi % 99'un üzerinde gerçekleşmiştir. Benzer durum fekal koliform giderimi için de söz konusudur. 2 dakikalık HTS şartlarında çıkış suyundaki toplam koliform değişimleri Şekil 5.14 ve fekal koliform değişimleri Şekil 5.15'de görülmektedir. UV çıkışı sularında toplam koliform sayısı 1 dakikalık HTS için 300 ile 600 adet/100 ml aralığında iken fekal koliform miktarı 100 ile 430 adet/100 ml aralığında değişmektedir. HTS'nin 2 dakika olduğu durumda ise toplam koliform 95 ile 310 adet/100 ml aralığında iken fekal koliform 54 ile 150 adet/100 ml aralığında kalmıştır (Ek.3).



Şekil 5.14. 2 Dakikalık HTS Şartlarında Çıkış Suyundaki Toplam Koliform Değişimleri.



Şekil 5.15. 2 Dakikalık HTS Şartlarında Çıkış Suyundaki Fekal Koliform Değişimleri.

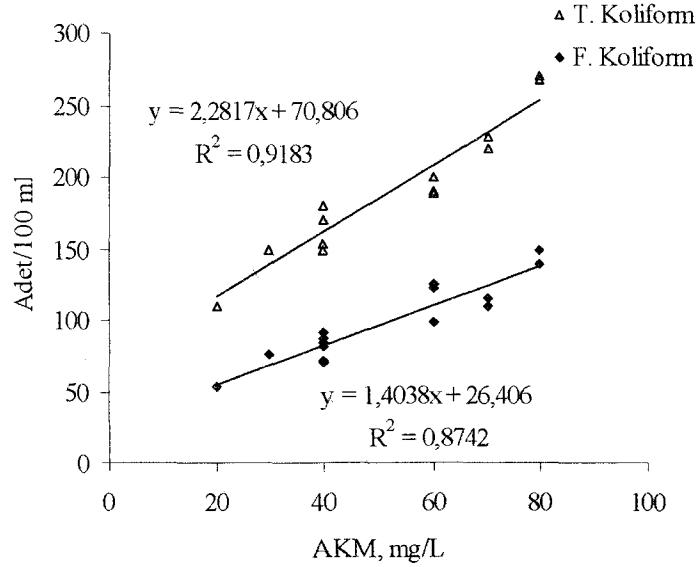
Bulgularımıza göre AKM'nin 20 mg/L ve bulanıklığın 1.8 NTU olduğu atıksu numunesi için 2 dakika hidrolik temas süresi uygulanan UV dezenfeksiyon sistemi kullanıldığında *Escherichia Coli* giderimi sağlanmıştır. AKM ve bulanıklık atıksuların UV ile dezenfeksiyonunda dezenfeksiyon verimini etkileyen önemli parametrelerdir. Bu nedenle AKM ve bulanıklık giderimine bağlı olarak *Escherichia Coli* giderimi de sağlanmıştır (EK-4).

Mann ve Cramer (1992), dezenfeksiyondan önce AKM konsantrasyonu 30 mg/L ve toplam koliform konsantrasyonu  $10^5$  adet/100 ml değerinde olması gerektiğini vurgulamaktadır. AKM nin 30 mg /L'yi aşması halinde bu değer  $10^3$  ile  $10^5$  adet/100 ml arasında bulunduğu belirtilmiştir. Bulgularımıza göre AKM nin 30 mg/L'yi aşması (40-60 mg/L) halinde dahi çıkış suyundaki toplam koliform miktarı 600 adet/100 ml değerinde kalmaktadır.

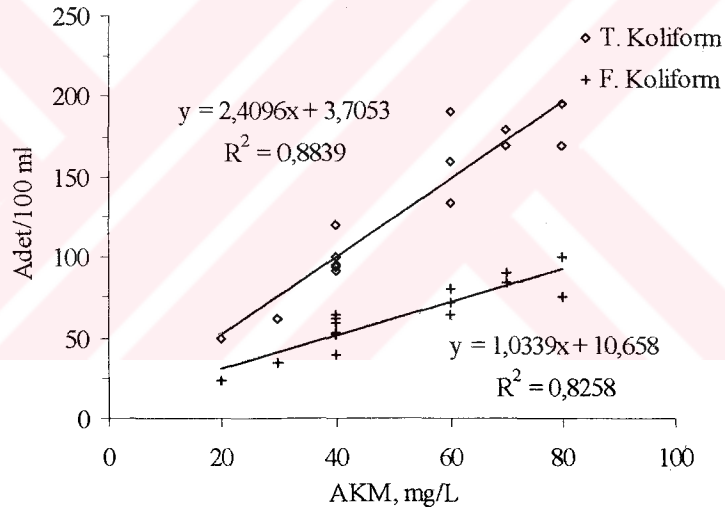
Emerick ve diğerleri (1999), AKM konsantrasyonunu UV dezenfeksiyon performansını olumsuz yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Bulgularımız da bunu doğrulamaktadır.

Janex ve diğ. (1998), atıksuyu UV ile inaktivasyona maruz bırakarak sudaki toplam askıdaki katıları sudan uzaklaştırmıştır. Fakat bu işlem 5 mg /L' nin altında toplam askıda katı madde içeren sular için etkili olmuştur. Oysa çalışmamızda etkili koliform giderimi, AKM'nin 80 mg/L'nin altındaki şartlarda sağlanmıştır (Şekil 5.16 ve Şekil 5.17).

Andreadakis ve diğ. (1999), dezenfeksiyondan önce fekal koliform konsantrasyonu 2000 fekal koliform/100 ml iken, dezenfeksiyondan sonra 200 fekal koliform/100 ml değerinin olması gerektiğini vurgulamışlardır. Üçüncül çıkış sularında koliform konsantrasyonunu azaltmak için daha yüksek UV dozlarına gerek duymuşlardır. Aynı UV lambası ile yaptığımız çalışmada 100 adet fekal koliform /100 ml değerinin altına ulaşılmıştır.



Şekil 5.16. UV Çıkış Suyunda AKM-Toplam ve Fekal Koliform İlişkisi (HTS=2 dakika).

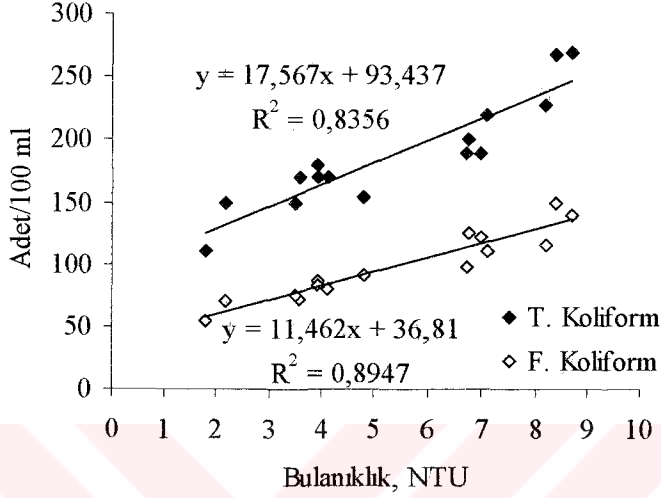


Şekil 5.17. Filtre-UV Sistemi Çıkış Suyunda AKM-Toplam ve Fekal Koliform İlişkisi (HTS=2 dakika).

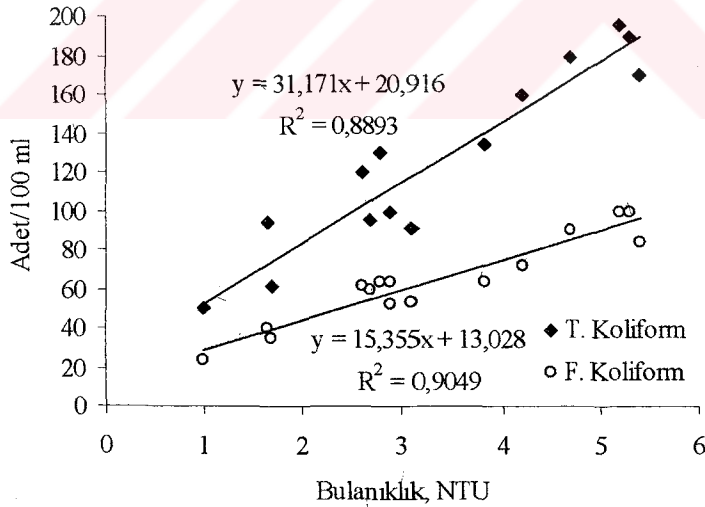
Elde ettiğimiz sonuçlara göre atıksuların sadece UV cihazından geçirilmesi ile bulanıklık ve toplam koliform-fekal koliform giderimleri arasında bir ilişkinin olduğu, bulanıklık-toplam koliform ilişkisi katsayısının  $R = 0,95$  olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre, 7 NTU değerinde toplam koliform sayısı, 300 adet/100ml'nin altında kalmaktadır (Şekil 5.18).

Şekil 5.16 ve Şekil 5.17'deki veriler kıyaslandığında, aynı AKM değerlerine karşın çıkış suyundaki toplam ve fekal koliform miktarları filtre-UV sistemi için daha düşük düzeyde kalmaktadır. Bu durum, filtre tarafından tutulan AKM'nin giderimine bağlı olarak katı madde içerisinde barınan mikroorganizmaların da giderildiğini göstermektedir. Aynı durum, benzer şekilde Şekil 5.18 ve Şekil 5.19'daki bulanıklık-koliform ilişkilerinde de görülmektedir.

Sisteme perlit filtrenin eklenmesi ile atıksuyun bulanıklığı 5,4 NTU'nun altında kalmış ve daha iyi koliform giderimi sağlanmıştır. Böylece bulanıklık-toplam koliform ilişkisi incelendiğinde (Şekil 5.19) toplam koliform-bulanıklık korelasyon katsayısının  $R=0,95$  olduğu görülmektedir.



Şekil 5.18. UV Çıkış Suyunda Bulanıklık-Toplam ve Fekal Koliform İlişkisi (HTS=2 dakika).



Şekil 5.19. Filtre-UV Sistemi Çıkış Suyunda Bulanıklık-Toplam ve Fekal Koliform İlişkisi (HTS=2 dk).

Filtre-UV dezenfeksiyonu ile çıkış sularında toplam koliform miktarı 200 adet/100 ml'nin altında kalmaktadır. Fekal koliform ise 100 adet/100 ml'nin altında kalmıştır. AKM'nin 20 mg/L ve bulanıklığın da 3 NTU'nun altında olduğu atıksu numunelerinde 1 ve 2 dakika

hidrolik temas süresi uygulanan filtre+UV dezenfeksiyon sistemi kullanıldığında filtrenin AKM ve bulanıklık giderimine bağı olarak *Escherichia Coli* giderimi sağlanmışır. Bu durum AKM ve bulanıklığın dezenfeksiyon verimini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir (EK-4). Bu sonuçlara göre Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde belirtilen toplam koliform için 200 adet/100 ml olan alıcı ortam deşarj standartlarına uygunluk sağlanmaktadır.



## 6. SONUÇLAR

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

1. Çalışma süresince kullanılan atıksuyun pH'ının 7,60-8,11, toplam alkalinite değerleri 480-520 mg CaCO<sub>3</sub>/L, iletkenlik değerleri ise 1117-1345 µS/cm arasında değişmektedir. TKM, AKM ve UKM konsantrasyonları sırasıyla 670-790, 40-80 ve 490-660 mg/L aralıklarında bulunmuştur. Bulanıklık ise 1,80-8,40 NTU arasında dağılım göstermektedir. Kullanılan atıksuyun toplam koliform ve fekal koliform değerleri sırasıyla 110 000-260 000 ve 62 000-150 000 Adet/100 ml aralığında olduğu tespit edilmiştir.
2. Perlit dolgulu kartuş filtrenin AKM giderimi % 33,33 ile % 66,66 ve bulanıklık gideriminin %19,44 ile % 67,81 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ayrıca, kullanılan filtrenin fosfor tutma kapasitesinin 19,88 mg P/kg perlit ve azot tutma kapasitesinin 9,90 mg N/kg perlit olduğu belirlenmiştir. Toplam koliform gideriminde % 9,52 ile % 48,14 aralığında giderim sağlanmıştır. Filtrenin fekal koliform giderimi ise % 8,57 ile % 52,85 aralığında değişmektedir.
3. UV dezenfeksiyon sisteminin toplam bakteri giderimi, 1 dakikalık HTS için % 76,43 ile % 83,06 arasında değişirken, 2 dakikalık HTS için % 97,40 ile % 99,15 aralığında değişmektedir. Toplam koliform giderme verimi her iki HTS için % 99'un üzerindedir. UV çıkışı sularında toplam koliform sayısı 1 dakikalık HTS için 300 ile 600 adet/100 ml aralığında iken fekal koliform miktarı 100-430 adet/100 ml aralığında değişmektedir. HTS'nin 2 dakika olduğu durumda ise toplam koliform 95 ile 310 adet/100 ml aralığında iken fekal koliform 54 ile 150 adet/100 ml aralığında kalmıştır .
3. AKM nin 30 mg/L'yi aşması (40-60 mg/L) halinde dahi çıkış suyundaki toplam koliform miktarı 600 adet/100 ml değerinde kalmaktadır. Ancak etkili koliform giderimi, AKM'nin 80 mg/L'nin altındaki şartlarda sağlanmıştır. Elde ettiğimiz sonuçlara göre atıksuların sadece UV cihazından geçirilmesi bulanıklık ve toplam koliform-fekal koliform giderimleri arasında bir ilişkinin olduğu bulanıklık-toplam koliform ilişki katsayısının R= 0,95 olduğu tespit edilmiş ve 7 NTU değerindeki bulanıklık için çıkış suyundaki toplam koliform sayısının 300 adet/100ml'nin altında kaldığı görülmüştür.
4. Sisteme perlit filtrenin eklenmesi ile atıksuyun bulanıklığı 5,4 NTU'nun altında kalmış ve daha iyi koliform giderimi sağlanmıştır. Filte-UV dezenfeksiyonu ile çıkış sularında toplam koliform miktarı 200 adet/100 ml'nin altında kalmaktadır. Fekal koliform ise 100 adet/100 ml'nin altında kalmıştır. Bu sonuçlara göre Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde belirtilen alıcı ortam deşarj standartları değerlerine ulaşılmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Andreadakis, A., Christoulas and S. Kayblafka, 1999. Ultraviolet Disinfection of Secondary and Tertiary Effluent in the Mediterranean Region, *Water Science and Technology*, Vol.40, Issue 1-5, 253-260.
- APHA, AWWA, WPCF, 1985. Standarts Methods for the Examination of Water and Wastewater, 16 th Ed. Publ. Office American Publ. Health Assoc. 1015 Fiftenth-Str. N.W. Washington, DC. 20005.
- Baltimore, MD and Alexandria, VA.,1998. The latest trends in wastewater disinfection: chlorination vs UV disinfection, *Water Environment Federation*, pp.488
- Blatchley, E.R., 1995. "UV Pilot Testing: Intensity Distributions and Hydrodynamics. *Journal of Environmental Engineering, American Society of Civil Engineers*, Vol.121.p.258.
- Blatchley, E.R., 1996. Ultraviolet irradiation and chlorination/dechlorination for municipal wastewater disinfection. *Water Environ. Res.* 68, 194-198.
- Blatchley III E.R.,1997. Numerical Modelling of UV Intensity : Application to Collimated – Beam Reactors and Continuous – Flow Systems. *Water Res.* 31, 2205 – 2218.
- Bolton, J.R., 2000. Calculation of Ultraviolet Fluence Rate Distribution in an Annular Reactor : Significance of Refraction and Reflection, *Wat. Res.* Vol. 34, No. 13 pp, 3315 – 3324.
- Cairns, W.L., 1993. Comparing Disinfection by Ultraviolet Light and Chlorination-The Implications of Mechanism for Practice, in the *Proceedings of the Planning, Design, and Operation Effluent Disinfection Systems Specialty Conference, Water Environment Federation*, Whippany, NJ, p.555.
- Carrigan, P., Cairns, B., 1991. Disinfection Application of Ultraviolet Technology. *Water Cond. Purif.* 33, 43-48.
- Chiu, K., Lyn, D.A., Savoye, P. and Blatchley III, E.R., 1999. Integrated UV Disinfection Model Based on Particle Tracking. *J. Environ. Eng.* 125, pp. 7–16.
- Darby, J.L., M.Heath, J. Jacangelo, F. Loge, P. Swain, and G. Tchobanoglous, 1995. Comparative Efficiencies of UV Irradation to Chlorination: Guidance for Achieving Optimal UV Performance, Project 91-WWD-1, *Water Environment Research Foundation*, Alexandria, VA.
- Darby, J., Emerick, R., Loge,F. and Tchobanoglous, G.,1 999. The Effect of Upstream Treatment Processes on UV Disinfection Performance, Project 96-CTS-3, *Water Environment Research Foundation*, Washington DC.

- Dizer, H., Bartocha, W., Bartel, H., Seidel, K., Lopez-Pila, J.M. and Grohmann, A., 1993. Use of Ultraviolet Radiation for Inactivation of Bacteria and Coliphages in Pretreated Wastewater. *Wat. Res. Vol.*, 27 No. 3, pp. 397-403.
- Emerick, R.W. and Darby J.L.,1993. Ultraviolet Light Disinfection of Secondary Effluents: Predicting Performance Based on Water Quality Parameters in the Proceedings of the Planning, Design, and Operation Effluent Disinfection Systems, Specialty Conference, *Water Environment Federation*, Whippany, NJ.
- Emerick, R.W., Loge, F.J., Thompson, D. and J.L.Darby, 1999. Factors Influencing Ultraviolet Disinfection Performance Part II: Association of Coliform Bacteria with Wastewater Particles, *Water Environment Research*, vol.71, pp.6.
- Emerick, R.W., Loge, F., Ginn T. and Darby, J.L., 2000. Modeling the Inactivation of Particle-Associated Coliform Bacteria, *Water Environment Research*, vol.72, No.4.
- Emir, F. ve Salabaş, A., 2000. Ultraviole ile Suyun Dezenfeksiyonu, *Aritım Dünyası*, Sayı 23, 51-55.
- EPA, 1992. User's Manual for UVDIS, Version 3.1, UV Disinfection Process Design Manual, U.S. Environmental Protection Agency, EPA G0703, Risk Reduction Engineering Laboratory, Cincinnati, OH.
- EPA, 1999. Wastewater Technology Fact Sheet Ultraviolet Disinfection Office of Water Washington, D.C. P : 7
- EPRI, 1996. UV Disinfection for Water and Wastewater Treatment, Report CR-105252. Electric Power Research Institute, Inc., Report prepared by Black & Veatch, Kansas City, MO
- Etibank, 1998. Etiper Tanıtım Kataloğu, Etibank Perlit İşletmesi, İzmir. S. 2
- Gates F., 1930. A study of the bactericidal action of ultraviolet light III. The absorption of ultraviolet light by bacteria. *Journal of General Physiology* 14, 31-42.
- Geese, N. and Darby, J., 2000. Sensitivity of Microorganisms to Different Wavelengths of UV Light : Implications on Modeling of Medium Pressure UV Systems, *Wat. Res. Vol.*, No. 16, 4007 – 4013.
- Gehr, R. and Nicell, J., 1996. Pilot Studies and Assessment of Downstream Effects of UV and Ozone Disinfection of Physicochemical Wastewater. *Water Qual. Res. J. Canada* 31, pp. 263–281
- Harm W., 1980. Biological Effects of Ultraviolet Radiation. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp.1-121.

- Harris, D.G., Adams, D.V., Sorensen, L.D., Curtis, M., 1987. Ultraviolet inactivation of selected bacteria and viruses with photoreactivation of bacteria. *Water. Res.* 21, 687-692.
- Hassen, A., Mahrouk, M., Ouzari, H., Cherif, M., Boudabous, A. and Damelincourt, J.J., 2000. UV disinfection of treated wastewater in a large-scale pilot plant and inactivation of selected bacteria in a laboratory UV device, *Bioresource Technology*, No. 74, Pp. 141-150.
- Havelaar, A., Meulemans, C., Pot – Hogeboom, W. and Koster, J., 1990. Inactivation of Bacteriophage MS2 in Wastewater Effluent with Monochromatic and Polyromatic Light. *Water Research* 24 (11 ). 1387 – 1393.
- Ho, K.W.A., and Bohm, P., 1981. UV Disinfection of Tertiary and Secondary Effluents, *Journal Water Pollution Research (Canadian)*, vol. 16, no. 33.
- Hollaender A. and Claus W., 1936. The bactericidal effect of ultraviolet radiation on *Escherichia coli* in liquid suspensions. *Journal of General Physiology* 19, 753-765.
- Jagger, J.H., 1967. *Introduction to Research in UV Photobiology*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Jagger J., 1985. *Solar- UV Actions on Living Cells*. Praeger Publishers, New York, NY, pp.10-30.
- Janex, M.L., Savoye, P., Do-Quang, Z., Blatchley III, E., Laine, J.M., 1998. Impact of Water Quality and Reactor hydrodynamics on Wastewater Disinfection by UV Use of CFD Modeling for Performance Optimization, *Water Science and Technology*, Vol. 38, Issue 6-5, 71-78.
- Lindenauer, K.G., Darby, J., 1993. Evaluation of ultra-violet light disinfection: Significance of Photoreactivation. *Davis Water Environ. Fed. Plan. Des and Operations of effluent Disinfection Syst.* Whippany, NJ, 23-25 May, p. 49.
- Linden, K. G., Soriano G. S. and Darby J. L., 1998. Investigation of disinfection by-product *Wat. Res.* V 2., 137-147.
- Loge, F. J., Emerick, R. W., Heath, M., Jacangelo, J.G., Tchobanoglous, G. and Darby, J. L. 1996. Ultraviolet Disinfection of Secondary Wasterwater Effluents : Prediction of Performance and Design, *Wat. Environ.. Res.* 68, 900 – 916.
- Mann, M.A. and Cramer, J.A., 1992. Disinfecting with Ultraviolet Radiation, *Water Environment Technology*, Vol.4, No.12, pp. 40-42.
- Mark, J.M., Gordon, R.F., 1994. Will UV be the Disinfectant of the 90 Sterollers Some Advantages over Other Means. *Water Technol.* 17, 74-78.

- Masschelein, J., Debacker, E., Chebak, S., 1989. Laboratory Investigations on the Disinfection of Water by UV-Light. *Rev. Sci. Equ.* 2, 29-41.
- Meulemans, C., 1987. The Basic Principles of UV – Disinfection of Water. *Ozone Science and Engineering.* 9, 299 – 314.
- Metcalf and Eddy., 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse, Mcgraw-Hill, p. 1298-1329.
- Muslu, Y., 1995. Atıksuların Arıtılması, Cilt 1, İstanbul Teknik Üniversitesi, S. 52-55.
- O'Brien, W.J., Hunter, G.L., Rosson, J.J., Hulsey, R.A. and Carns, K.E., 1996. Ultraviolet System Design: Past, Present, and Future, Proceedings Disinfecting Wastewater for Discharge & Reuse, *Water Environment Federation*, Alexandria, VA.
- Oliver, B.G. and E.G. Cosgrove, 1975. The Disinfection of Sewage Treatment Plant Effluents Using Ultraviolet Light, *Journal of Chemical Engineering (Canadian)*, vol.53, p.1065.
- Oppenheimer, J.A., Montgomery, W., Pasadena, C.A., Hoagland, J.E., Laine, J.M., Jacangelo, J.G. Bhamrah, A., 1993. Microbial inactivation and characterisation of toxicity and by products occurring in reclaimed wastewater disinfected with UV radiation. Alit Water Environ. Fed. Plan. Des, Operations of effluent Disinfection Syst. Whippany, NJ, 23-25 May, p. 13.
- Özçelik, S., 1995. Genel Mikrobiyoloji Uygulama Klavuzu, Süleyman Demirel Üniversitesi, Yayın No. 2, S. 91.
- Parker, J.A., Darby, J.L., 1995. Particle-associated coliform in secondary effluents: shielding from ultraviolet light disinfection. *Water Environ. Res.* 67, 1065-1072.
- Qualls, R.G., M.P. Flynn, and J.D. Johnson, 1983. The Role of Suspended Particles in Ultraviolet Disinfection, *Journal Water Pollution Control Federation*, vol.57, pp.1006-1011.
- Qualls, R.G., and J.D. Johnson, 1985. Modeling and Efficiency of Ultraviolet Disinfection Systems, *Water Research (British)*, vol.8, p.1039.
- Qualls, R.G., Osse, S.F., Chang, J.C.H., Dorfman, M.H., Dumais, D.C., Johnson, J.D., 1985. Factors controlling sensitivity inaktivasyon ultraviolet disinfection of secondary effluent. *J. Water Poll. Cont. Fed.* 57, 1006-1011.
- Scheible, O.K., 1987. Development of a Rationally Based Design Protocol for the Ultraviolet Light Disinfection Process, *Journal Water Pollution Control Federation*, vol.59, p.25
- Setlow R. and Boyce R., 1960. The ultraviolet light inactivation of  $\Phi$ X-174 bacteriophage at different wavelengths and pH's. *Biophysical Journal* 1, 29-41.
- Severin. B.F., 1980. Disinfection of Municipal Effluents with Ultraviolet Light, *Journal Water Pollution Control Federation*, vol.52, p.2007.

- Şekerci, S. ve Çerezci, O., 1997. Çevremizdeki Radyasyon ve Korunma Yöntemleri, B.Ü. Yayınları, İstanbul, s: 42-45.
- Toprak, H., 1994. atıksu Arıtma Sistemlerinin Tasarım Esasları. 9 Eylül Üniv. Müh. Fak. Yay., No: 241, Cilt 2, İzmir, s:18-31.
- Whitby G.E., Palmateer G., Cook W.G., Maarschalker – Weerd J., Huber, D. and Flood, K.,1984. Ultraviolet Disinfection of Secondary Effluent *J. WPCF* 56, 844 – 580.
- Wyckoff R., 1932. The killing of colon bacilli by ultraviolet light. *Journal of General Physiology* 15. 351-361.



EK-1. Dezenfeksiyonda Kullanılan Anksu Karakteristikleri.

Numune No:	TARİH	TKM (mg/L)	AKM (mg/L)	UKM (mg/L)	pH	İletkenlik (µS/cm)	Bulanıklık (NTU)	Sertlik (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	T. Alkalinite (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	T. Bakteri (Ad/100 ml)	T. Koliform (Ad/100 ml)	F. Koliform (Ad/100 ml)
1	11.06.2003	720	40	510	8,11	1172	4,81	600	500	150000	190000	90000
2	13.06.2003	730	40	510	7,83	1182	3,60	600	500	140000	160000	69000
3	18.06.2003	740	80	660	8,05	1324	8,40	320	520	211000	260000	140000
4	24.06.2003	750	70	600	8,00	1283	7,10	400	480	199200	230000	120000
5	30.06.2003	790	80	500	7,65	1298	8,70	324	490	228000	270000	150000
6	03.07.2003	700	40	510	7,80	1343	3,92	604	490	148500	160000	69000
7	08.07.2003	700	60	520	8,11	1290	7,00	420	481	157000	220000	110000
8	15.07.2003	700	20	510	8,03	1117	1,80	668	500	130500	110000	62000
9	30.07.2003	700	30	530	7,81	1186	3,50	636	496	131200	140000	70000
10	05.08.2003	670	40	510	7,96	1181	4,12	640	498	149000	170000	76000
11	12.08.2003	700	60	520	7,88	1267	6,70	352	500	156000	210000	100000
12	19.08.2003	720	40	500	7,60	1240	3,94	340	475	148000	160000	70000
13	26.08.2003	700	60	490	8,08	1138	6,74	300	482	152000	210000	110000
14	10.09.2003	730	40	510	7,71	1242	2,16	360	481	135000	160000	64000
15	17.09.2003	710	70	520	7,62	1345	8,20	412	497	200000	230000	130000

**EK - 2. Filtre Çıkışı Atıksu Karakteristikleri**

Numune No:	TARİH	TKM (mg/L)	AKM (mg/L)	UKM (mg/L)	pH	İletkenlik (µS/cm)	Bulanklık (NTU)	Sertlik (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	T. Alkalinite (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	T. Koliform (Ad/100 ml)	F. Koliform (Ad/100 ml)
1	11.06.2003	670	20	460	8,11	1172	3,11	600	500	110000	69000
2	13.06.2003	690	20	470	7,83	1182	2,90	600	500	130000	50000
3	18.06.2003	660	50	520	8,05	1324	5,20	320	520	200000	100000
4	24.06.2003	700	400	500	8,00	1283	4,70	400	480	180000	84000
5	30.06.2003	710	20	490	7,65	1298	2,80	324	490	140000	72000
6	03.07.2003	670	20	430	7,80	1343	2,70	604	490	110000	64000
7	08.07.2003	680	30	490	8,11	1290	3,82	420	481	150000	76000
8	15.07.2003	680	10	490	8,03	1117	1,00	668	500	73000	35000
9	30.07.2003	680	10	480	7,81	1186	1,70	636	496	70000	33000
10	05.08.2003	660	20	490	7,96	1181	2,90	640	498	120000	70000
11	12.08.2003	660	40	480	7,88	1267	4,20	352	500	170000	80000
12	19.08.2003	700	20	490	7,60	1240	2,61	340	475	110000	64000
13	26.08.2003	650	40	440	8,08	1138	5,30	300	482	190000	95000
14	10.09.2003	660	20	500	7,71	1242	1,66	360	481	100000	56000
15	17.09.2003	690	30	500	7,62	1345	5,40	412	497	150000	72000

**EK-3. UV Dezenfeksiyonu ve Filtre-UV dezenfeksiyonu Çıkış Suyu Karakteristikleri.**

Numune No:	HTS (dakika)	T. Bakteri (Ad./ ml)	Giderim (%)	UV Dezenfeksiyon Çıkışı					Filtre-UV Dezenfeksiyon Çıkışı				
				T. Koliiform (Ad./100 ml)	Giderim (%)	F. Koliiform (Ad./100 ml)	Giderim (%)	T. Koliiform (Ad./100 ml)	Giderim (%)	F. Koliiform (Ad./100 ml)	Giderim (%)		
1	1	25400	83,06	370	99,81	210	99,78	240	99,78	130	99,82		
	2	1280	99,15	120	99,94	64	99,93	72	99,93	36	99,94		
2	1	25000	82,14	310	99,81	150	99,78	240	99,82	140	99,72		
	2	1200	99,14	170	99,89	72	99,89	100	99,92	52	99,89		
3	1	45400	78,86	560	99,78	390	99,72	400	99,80	200	99,80		
	2	3500	98,81	310	99,88	150	99,89	210	99,90	100	99,90		
4	1	43200	78,31	500	99,78	280	99,76	350	99,81	190	99,77		
	2	3100	98,44	220	99,90	110	99,90	180	99,90	90	99,89		
5	1	47000	79,39	600	99,78	430	99,71	260	99,81	170	99,76		
	2	3150	98,62	270	99,90	140	99,90	130	99,91	72	99,90		
6	1	26100	82,42	320	99,80	160	99,76	200	99,82	100	99,84		
	2	1480	99,00	170	99,89	100	99,85	95	99,91	59	99,91		
7	1	37000	76,43	450	99,80	230	99,79	310	99,79	190	99,75		
	2	2050	98,69	140	99,94	72	99,93	81	99,95	40	99,94		
8	1	19000	85,44	200	99,82	100	99,83	100	99,86	41	99,88		
	2	1150	99,12	95	99,91	54	99,91	50	99,93	22	99,93		
9	1	24000	81,71	320	99,77	200	99,71	110	99,84	54	99,83		
	2	1400	99,09	150	99,89	76	99,89	62	99,91	35	99,89		
10	1	24100	83,83	340	99,80	190	99,75	210	99,83	100	99,85		
	2	1400	99,06	170	99,90	81	99,89	100	99,92	64	99,90		
11	1	30200	80,64	400	99,81	210	99,70	330	99,81	180	99,77		
	2	2400	98,46	190	99,91	90	99,91	160	99,91	72	99,91		
12	1	24500	83,45	330	99,79	170	99,75	230	99,79	110	99,82		
	2	1500	98,99	180	99,89	84	99,88	120	99,93	62	99,90		
13	1	31000	79,61	410	99,80	220	99,80	370	99,81	200	99,78		
	2	2450	98,39	200	99,90	140	99,87	190	99,90	100	99,89		
14	1	24200	82,07	300	99,81	140	99,78	220	99,78	100	99,82		
	2	1400	98,96	150	99,91	70	99,89	94	99,91	52	99,90		
15	1	44100	77,95	500	99,78	300	99,76	280	99,81	130	99,81		
	2	5200	97,40	200	99,91	100	99,92	170	99,89	84	99,88		

EK-4. UV Dezenfeksiyonu ve Filtre-UV Dezenfeksiyonu Çıkış Suyunda *Escherichia Coli* Varlığı.

Numune No:	UV Dezenfeksiyon Çıkışı		Filtre-UV Dezenfeksiyon Çıkışı	
	HTS, dakika	<i>Escherichia Coli</i>	<i>Escherichia Coli</i>	
1	1	+	+	
	2	+	-	
2	1	+	+	
	2	+	-	
3	1	+	+	
	2	+	+	
4	1	+	+	
	2	+	+	
5	1	+	+	
	2	+	+	
6	1	+	+	
	2	+	-	
7	1	+	+	
	2	+	-	
8	1	+	-	
	2	-	-	
9	1	+	+	
	2	+	-	
10	1	+	+	
	2	+	-	
11	1	+	+	
	2	+	+	
12	1	+	+	
	2	+	+	
13	1	+	+	
	2	+	+	
14	1	+	+	
	2	+	-	
15	1	+	+	
	2	+	+	

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

## ÖZGEÇMİŞ

Ayşe Özgüven 13.07.1977 yılında Malatya'da doğdu. İlk orta ve lise öğrenimini Malatya'da tamamladı. 1996-2000 yılları arasında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde lisans öğrenimini tamamladı. 2001 yılında aynı bölümde Çevre Bilimleri Dalında Yüksek Lisans'a başladı. Halen, Yüksek Lisans öğrenimini devam ettirmektedir.

Ayşe ÖZGÜVEN

**T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU**  
**ÇEVRE BİLİMLERİ MERKEZİ**