

66624

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İÇME SULARINDA GIARDİA KİSTLERİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. İlker ALP

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 26 Eylül 1997

Tezin Savunulduğu Tarih : 27 Ekim 1997

Tez Danışmanı : Doç. Dr. İsmail TORÖZ 3.11.1997

Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Cumali KINACI 3.11.1997

Doç. Dr. Mustafa TURAN 3.11.1997

EKİM 1997

ÖNSÖZ

Bu tezin yazılmasına olanak sağlayan ve tezin hazırlanması esnasında yardımlarını ve ilgilerini esirgemeyen Doç.Dr. İsmail TORÖZ hocama teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca laboratuvar çalışmalarım sırasında bana her türlü desteği veren sayın hocam, Biyolog Dr. Hürrem BAYHAN'a ve tüm laboratuvar çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Deneysel çalışmalarım için gereken mali yardımı sağlayan İSKİ'ye ayrıca teşekkür ederim.

26.09 1997

İLKER ALP

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	ii
SEMBOL LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ.....	vii
ÖZET	ix
SUMMARY.....	x
BÖLÜM I	
GİRİŞ	
1.1. Çalışmanın önemi	1
1.2. Çalışmanın amaç ve kapsamı	2
BÖLÜM II	
İÇME SULARINDA GIARDIA KİSTLERİ	3
2.1. İçme sularında bulunabilecek biyolojik kirleticiler ve sağlık etkileri	3
2.2. Giardia ve Giardiasis	4
2.2.1. Giardia türlerinin genel özellikleri.....	4
2.2.2. Giardiasis.....	5
2.2.2.1 A.B.D’deki Giardiasis vakaları.....	6
BÖLÜM III	
GIARDIA TÜRLERİNİN ARAŞTIRILMASI	8
3.1. Çevrede ve sistemlerde Giardia türlerinin varlığı.....	8
3.2. Giardia kistlerinin incelenmesi.....	10
3.3. Giardia kistlerinin sudan giderilmesi hakkında yapılmış çalışmalar	11
3.3.1 Yüzey suyu kaynaklarında Giardia kistlerinin varlığı	13
3.3.2 Ham ve arıtılmış sularda Giardia kistleri	16
3.3.3. Filtre edilmiş içme sularında Giardia kistleri	21

3.3.4 Giardia lamblia'nın serbest klor ile inaktivasyonunun kinetikleri.....	27
3.3.5 Depolama sıcaklığı ve ozon'un Giardia kistleri üzerindeki etkileri	38
3.3.6 Giardia kistlerinin konvansiyonel arıtma ve direkt filtrasyon ile giderimi	44

BÖLÜM IV

İSKİ KAĞITHANE İÇME SUYU ARITMA TESİSİNDE GIARDIA KİSTLERİNİN ARAŞTIRILMASI.....

4.1 İSKİ Kağıthane içme suyu arıtma tesisinde Giardia kistlerinin araştırılması	60
4.2 Arıtma tesisinin tanıtılması	60
4.2.1 Prebati filtreler.....	61
4.2.2 Bati filtreler	61
4.2.3. Yıldırım Bayezid Han tasfiye tesisi	61
4.2.4 Çelebi Mehmet Han tasfiye tesisi	62
4.3 Ölçüm Metodları	63
4.3.1 Surrogate Parametreler.....	63
4.3.1.1 pH ve Bulanıklık.....	63
4.3.1.2 Alkalinite.....	63
4.3.1.3 Toplam Organik Karbon	63
4.3.1.4 Toplam Koliform.....	63
4.3.2 Giardia Kistleri	63
4.3.2.1 Numune Alma	64
4.3.2.2 Numunenin İşlenmesi	64
4.4. Yapılan Deneyler Sonucunda Elde Edilen Veriler.....	68

BÖLÜM V

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

KAYNAKLAR.....

ÖZGEÇMİŞ.....

SEMBOL LİSTESİ

AWS	Amerikan Su Sistemi
D/DBP	Dezenfektan / Dezenfeksiyon Yan Ürünleri
EPC	Elektronik Tanecik Sayımı
ESWTR	Genişletilmiş Yüzey Suyu Arıtma Yönetmeliği
GAC	Granüler Aktif Karbon
HKF	Hızlı Kum Filtresi
HPC	Heterotrafik Plak Sayısı
ICR	Veri Toplama Yönetmeliği
IFA	İmmünofloresan Antikor
IgA	İmmünoglobulin A
MLE	Maksimum İhtimal Tahmini
MPA	Mikroskopik Tanecik Analizi
MPN	En Muhtemel Sayı (EMS)
SS	Standart Sapma
SWTR	Yüzey Suyu Arıtma Yönetmeliği
TDS	Toplam Çözünmüş Katılar
TOK	Toplam Organik Karbon
USEPA	Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 3.1 Fekal koliform sayısı ile Giardia kist yoğunlukları arasındaki ilişki	15
Şekil 3.2 Toplam koliform sayısı ile Giardia kist yoğunlukları arasındaki ilişki.....	15
Şekil 3.3 Bulanıklık ile Giardia kist yoğunlukları arasındaki ilişki.....	15
Şekil 3.4 Bulanıklık Giderimi İle Giardia Kist Giderimi Arasındaki İlişki.	26
Şekil 3.5 Boyutları >5µm Olan Partiküllerin Giderimi İle Giardia Kist Giderimi Arasındaki İlişki	26
Şekil 3.6 1/10.000’lik Yıllık Giardia Enfeksiyon Riskini Karşılama İçin Arıtma Verimliliğinin Analizi.....	27
Şekil 4.1 Yıldırım Bayezid Han Tasfiye Tesisi.....	61
Şekil 4.2 Çelebi Mehmet Han Tasfiye Tesisi.....	62
Şekil 4.3 Giardia Analiz Metodu Akım Şeması	65
Şekil 4.4 Numune alma tertibatı	66
Şekil 4.5 İncelenen numunelerde pH değişimi.....	70
Şekil 4.6 İncelenen numunelerde bulanıklık değişimi	70
Şekil 4.7 İncelenen numunelerde alkalinite değişimi	71
Şekil 4.8 İncelenen numunelerde toplam koli değişimi.....	71
Şekil 4.9 İncelenen numunelerde toplam organik karbon değişimi.....	72
Şekil 4.10 İncelenen numunelerde Giardia Kist yoğunluklarının değişimi	72

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Sudan Geçen Hastalıklar	3
Tablo 2.2. A.B.D’de 1965-1981 Yılları Arasında Görülen Giardiasis Vakaları	7
Tablo 2.3. A.B.D’de 1965-1981 Yılları Arasında Görülen Giardiasis Vakalarının Eyaletlere Göre Dağılımı	7
Tablo 3.1. Farklı Ülkeler İçin Atıksulardaki Giardia Kist Konsantrasyonları	9
Tablo 3.2 Giardia’nın Ham Sudaki Frekans Dağılımı	19
Tablo 3.3 Çeşitli Filtre Çıkışlarında Giardia Kistleri.....	23
Tablo 3.4 Arıtma Parametreleri İle Giardia Organizmalarının Tesbiti Arasındaki İlişki	24
Tablo 3.5 Hibler’in deneysel sonuçları	29
Tablo 3.6. Modellerin karşılaştırılması	32
Tablo 3.7. Maksimum ihtimal parametre tahminleri, kovaryans matris ve örnek c.t hesaplamaları.....	36
Tablo 3.8. Monte Carlo log-ihtimal istatistikleri	37
Tablo 3.9. Parametre tahminlerindeki temayülün Monte Carlo denemelerinden belirlenmesi	38
Tablo 3.10. Enfeksiyona uğramış hayvanların çeşitli sayıları için MPN tahminleri (enfeksiyon ihtimalini 0,2 kabul ederek)	38
Tablo 3.11 G.muris kistlerinin canlılığı üzerinde depolama sıcaklığının etkisi.....	57

Tablo 3.12 pH 7’de Giardia kistlerinin %99 inaktivasyonu için konsantrasyon-zaman verileri	57
Tablo 3.13 pH 7 ve 25 °C’da G.muris kistlerinin ozon ile inaktivasyonu için yaş ve C.t ¹ değeri arasındaki ilişki	57
Tablo 3.14 Jordan Vadisi’ndeki pilot tesiste Giardia giderimi.....	58
Tablo 3.15 Huntington full-scale tesisinde Giardia giderimi	58
Tablo 3.16 Kist gideriminin hesaplanmasında giriş kist konsantrasyonu C ₀ ’ın seçiminin etkisi.....	59
Tablo 3.17 Ölçülen çıkış konsantrasyonlarından ve tesbit limitinden hesaplanan konsantrasyonlardan hesaplanan log-giderimler arasındaki karşılaştırma	59
Tablo 3.18 Sadece giriş numunelerindeki iyileşme hızlarına iyileşme hızlarına dayanan log-giderimleri ile hem giriş hem de çıkış numunelerindeki iyileşme hızlarına dayanan log giderimlerin karşılaştırılması	59
Tablo 4.1 Analizler sonucunda elde edilen veriler	69

ÖZET

Bu çalışmada içme sularında Giardia Kistleri konusu incelenmiştir. İlk bölümde, çalışmanın önemi, amaç ve kapsamı açıklanmıştır. İkinci bölümde, içme sularında biyolojik kirlenme konusu kısaca belirtilip, Giardia Kistleri ile bunların sebep olduğu Giardiasis hastalığı hakkında bilgiler sunulmuştur.

Üçüncü bölümde, Giardia türlerinin çevrede ve sistemlerde varlığı, Giardia kistlerinin incelenmesi ve bu kistlerin sudan giderilmesi ile ilgili önceden yapılmış çalışmalar incelenmiştir.

Dördüncü bölümde, örnek bir içme suyu arıtma tesisinde (İSKİ Kağıthane İçme Suyu Arıtma Tesisi) ve bu tesise su temin eden yüzey suyu kaynağında Giardia kistleri incelenmiştir.

Giardia kistlerinin araştırılmasında Standart Methods (1989)'da belirtilen yöntem uygulanmıştır. Bu yöntem ile yapılan deneylerde ham suda bu kistler bulunamamıştır. Fakat, böylesine spesifik bir çalışmanın yıl boyunca sürdürülmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Ölçülen diğer parametrelerden faydalanılarak kist konsantrasyonları tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Beşinci bölümde, elde edilen sonuçlar değerlendirilerek yapılması gerekenler sıralanmıştır.

SUMMARY

EXAMINATION OF GIARDIA CYSTS IN DRINKING WATER

In this thesis, Giardia cysts in water systems has been studied.

In the first section, the importance of this study and its aim have been explained.

In the second section, information about Giardia cysts and giardiasis have been presented.

Giardia is the flagellated protozoan parasite that causes significant health problems. It was first described 310 years ago by Leeuwenhoek and the first formal description of Giardia duodenalis was made by Lambl in 1859.

Giardia has two forms in life cycle; the first one is the trophozoite and second is the cyst. Trophozoites are usually 10-20 μm long, 5-10 μm wide and 2-4 μm thick. The trophozoite form has two nuclei and eight flagella. By means of these flagella, the trophozoite is able to swim actively. These flagella are bilateral symmetry.

The reproduction of trophozoite is binary fission. There is no sexual stage in life cycle.

The cyst forms of Giardia are elliptically shaped or ovals, range about 8-14 μm long and 6-10 μm wide. They contain four nuclei when mature. The cyst outer-wall protects the organism against different environmental conditions such as temperature and disinfectants. When the cyst is swallowed by a susceptible host, it probably hatches in the duodenum. Within the days after the infection, many millions of trophozoites develop and cover the small intestinal epithelial surface.

Giardia is distributed almost everywhere in environment. Species of genus have been described from the small intestines of man, dogs, cats, cattle, various rodents, rabbits and other mammals and also a few species recorded from amphibian and reptiles. We don't know how many Giardia species there are and also we don't know the pathogenicity of them. The most common known species are; Giardia muris, Giardia agilis, Giardia duodenalis, Giardia canis, Giardia ardeae. Giardia duodenalis is also known as Giardia intestinalis, Giardia lamblia and Lamblia intestinalis. All species are quite similar in shape to each other.

Giardiasis is one of the most common human parasite infectious disease. Malabsorption syndrome is characteristic of giardiasis. It is characteristics with substantial weight loss, general debility and consequent fatigue. The trophozoites closely adhering to the epithelial surface interfere mechanically with absorption. The immune system of the host plays a major role in pathogenesis of giardiasis. Especially the IgA is very important. Mothers milk is protective as well, because it contains antibodies of IgA. Products of lipid hydrolysis of milk in the normal digestive are toxic to Giardia.

The symptoms of Giardiasis develop between one and four weeks after infection. These include explosive, watery, foul-smelling diarrhoea, gas in the stomach or intestines, nausea and, not surprisingly, a loss of appetite. Other symptoms are jaundice and vomiting. Giardia lamblia does not invade tissues; heavy cases may produce acute but not bloody diarrhoea. It causes epigastric pain especially in children. The parasites are thought to go to the bile duct and into the gall bladder. The prevalence of Giardia lamblia among adults was slightly lower than at the children and infants in the U.S. Giardia can be treated by a number of drugs, but there is no way of preventing infection except by adequate water treatment. There are three pharmaceuticals to treat Giardiasis. These are guinacrine (Atabrine), metronidazole (Flagyl) and furazolidone (Furoxone). Prevention of Giardiasis depends on proper maintenance of community water supplies, treatment systems and distribution systems. Boiling water for 20 minutes will kill the cysts.

Transmission of Giardia species is by the fecal-oral route. Also there are some other routes of transmission such as beavers, dogs, cats, mice, rabbits, contaminated foods and sexual relations. The cyst forms of Giardia are able to spread out all environment. Especially fecally contaminated surface waters contain the Giardia species and helped them to disperse to our environment.

Giardiasis is endemic in many countries of the world including the United States. The information about giardiasis in the U.S. is available since 1920. Especially during the 70's, giardiasis were reported with increasing frequency in the U.S. 53 outbreaks of giardiasis had effected 20039 people in the U.S. during 1965-1981. It was the most common waterborne pathogen during the period 1972-1981.

The giardiasis outbreaks have usually occurred primarily in the areas or populations that have depend on surface water sources. 19 outbreak have occured in Colorado. This number was more than any other state and the outbreaks of Giardiasis. Have generally occurred in small community water systems or non community systems in recreational areas.

The largest waterborne outbreak of giardiasis occurred in Rome, New York between November, 1974 to June, 1975. According to the epidemiological study, 4800-5300 cases of giardiasis were estimated.

According to the article or Craun, there were 3 outbreaks and 176 cases between 1961-1970, but outbreak between 1971-1988 have increased to 103 and the number of illnesses 25834.

The presence of Giardia cysts in wastewater is primarily due to infected humans discharging the cysts into wastewater collecting systems.

The most important causes of outbreaks were the use of contaminated, untreated surface or ground water or inadequately treated surface or ground water during 1981-1988 in the U.S.

Also animals may represent a source of cysts. Many giardiasis cases have occurred all around the U.S. because of the beavers and muskrats.

In the third section, previous studies about the presence of Giardia species in environment and systems, detection of Giardia cysts and removal of these cysts from water have been examined.

Information on the number of Giardia cysts present in sewage and water would be useful for health and cure studies. A person infected with Giardia lamblia may give 10^8 cysts/day to the wastewater.

The cysts numbers in water and wastewater depend on the treatment systems, temperature of the water and source of the water. Activated sludge unit process was more efficient than the trickling filtration process in removing Giardia cysts from the wastewater. The range of effluent cysts concentrations from the trickling filter was much greater (4-44 cysts / l) than the activated sludge treatment process (4 cysts / l).

The cyst concentration is higher in the colder climate than warmer climate in the raw water. According to the research of Casson and others, the higher cyst concentrations in raw wastewater were determined during the months of September through January. Also according to Sykora's studies in the Youghiogheny River, Giardia cysts concentrations increased in winter and early spring.

Also in Nancy, France daily the highest concentrations of the cysts in domestic wastewater were found during the morning activities at 8-10 a.m. The highest values were observed in February and March and minimum values were observed in November. The concentrations of Giardia cysts in sewage are different range in different countries and nations; ranging from 8×10^2 to $1,4 \times 10^4$ cysts / l.

In the U.S.; according to the Jakubowski and others' article, the highest annual geometric mean raw sewage cysts level was at the California site (3750 cysts / l) and the lowest level was at the Pennsylvania site (683 cysts / l) among the 11 different states in the country. The highest average concentration was found in the sludge samples from the Pennsylvania site, the lowest average concentrations were found in the sludges from the Illinois plant. The counts ranged between 70-30.000 cysts / l in sludge samples among the 11 state. In the counting technique, centrifugation may cause more than 50% cysts lost.

Giardia cysts were determined in the aquatic environment of the 14 states of the U.S. and 1 Canadian province by Le Chevallier and others during 1989-1990. Their studies included 66 surface water treatment plants and Giardia cysts were detected in

81% of the raw water samples. The research showed that Giardia cysts 10 times higher in industrially polluted waters than protected watersheds. Also there was a relationship between Giardia densities with fecal coliform, total coliform and turbidity. If the coliform concentration and turbidity were high, also Giardia cysts concentration was high in this study.

Removing the Giardia cysts from the drinking water is the important point of treatment. There are some methods to remove these cysts. The most effective systems are filtration and disinfection.

The primary data study was made by Hibler and others. In this study, cysts have been exposed to various degrees of chlorine, pHs and temperatures.

Haas and Heller's research was related to Hibler's study. Their study objective was to analyze inactivation data of Hibler using the maximum likelihood technique to determine the most suitable set of descriptors. The Hom model was found the most adequate for describing the inactivation of Giardia by free chlorine. Five of the six viable type cysts found in tap water samples were from systems that exposed to chloramination. Because chloramines react slowly with Giardia species, these microorganisms may not demonstrate the same level of destruction.

Giardia cysts can pass the filters if they are inadequate for them. The most of the giardiasis outbreaks have occurred because of the filters. Giardia cysts were detected in 17% of the 83 filtered drinking water samples in the 14 states of the U.S. and 1 Canadian province. The geometric mean of the cysts concentration was 4,54 cysts per 100 liters and the range of 0,29 to 64 cysts per 100 liters.

Slow sand filters have also been used to treat the Giardia cysts from drinking water. This type of filters were tried in Northern Idaho to control Giardia cysts. Results showed that if a slow sand filter is designed adequately, it can provide enough treatment for the cysts. The control in this study was analyzed by 2 methods : Microscopic Particle Analysis (MPA) and Electronic Particle Counts (EPC). The estimated filtered water cyst concentration was 0,01 cyst / l compared with 0,09 cyst / l in the raw water sample

Two other filtration systems (DE Filtration and Granular Media Filtration) are also very effective to remove the cysts.

The filtration flow-rate of water is very important to remove the cysts. Changes in flow-rate should be avoided to reduce the potential for the passage of cysts into filtered water.

The chemical conditioning is helpful to remove the cysts from raw water. Especially alum coagulant (10-16mg/l) was more effective to remove the cysts than the polymers (0,3 mg/l). The using together these chemicals was the most effective way of the chemical conditioning. The choosing of dosage and chemical can affect the treatment.

Diatomaceous earth filtration was evaluated for removal of *Giardia muris* in raw water of Shingletown, Pa. The using the 10 mg alum/g DE filter has been very effective in filtration. No *Giardia* cysts were detected in effluent. The effect of cationic polymers and alum on this removal was also investigated. Essentially all of the *Giardia* cysts were removed from water that were including 2000 cysts / l.

Immunofluorescence methods were recently developed to detect the *Giardia* cysts in water samples . Also cDNA probe method has been used to detect *Giardia* species. This method is faster and more cost-effective than the other known methods. Neither the cDNA probe nor the immunofluorescence methods have not been used to determine cyst viability.

Direct count of the cysts were also used by simple centrifugation or by sucrose flotation and assayed microscopically.

In the fourth section, *Giardia* cysts have been examined in a full-scale treatment plant and surface water supplies which are providing water to this plant.

Giardia cysts should be measured and controlled in the water supplies and treatment plants. *Giardia* cysts have not been measured before in water resources in Turkey and they are not in the list of drinking water standard. This parameter should be seriously considered by municipalities and the private sector which provide and sell drinking water in Turkey.

In the fifth section, conclusions and recommendations have been presented.

BÖLÜM I

GİRİŞ

1.1. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ

Giardia türleri, Giardiasis'e sebep olan ve insan bağırsaklarında yaşayabilen önemli patojenlerdir. Kist ve trophozoite olmak üzere iki formda bulunurlar. Bunlar su çevresinde yaşayabilme ve hareket edebilme kabiliyetine sahiptirler ve kist formlar hemen hemen her yere yayılabilirler.

Giardia A.B.D'de pek çok vakaya sebep olmuştur. Özellikle 1970'lerde Giardiasis vakaları daha sık görülmüştür.

Giardiasis'in sebepleri genellikle, yetersiz veya hiç arıtılmamış sular, enfeksiyona uğramış hayvan ve yiyecekler ile seksüel ilişkilerdir. Giardia kistlerinin konsantrasyonu, arıtma sistemlerine, suyun sıcaklık ve pH'ına ve konum ile jeografik şartlara bağlı olarak değişir.

Ülkemizde su kaynaklarında Giardia kistleri ile ilgili bir çalışma henüz yapılmamıştır. Halk sağlığı açısından, böylesine önemli bir parazitin kontrol ve ölçümlerinin ülke genelinde yapılmasına başlanmalıdır. Birçok yabancı ülkede içme suyu standartlarına girmiş bulunan bu kistler hakkında daha önceden hiç bir çalışmanın yapılmamış olması önemli bir eksikliktir. Geçmişte birçok salgına sebep olan bu organizmanın günümüzde de artan bir hızla su kaynaklarını ve dolayısıyla toplum sağlığını tehdit ettiği istatistiklerden anlaşılmaktadır. Yine dünyada salgın hastalıkların hızı son yıllarda; su, toprak ve hava kalitesindeki düşüşe bağlı olarak hızlı artış göstermektedir. Böyle bir ortamda, Türkiye gibi çevre kanun ve uygulamalarını yeni düzenleyen bir ülkede salgın hastalıklara karşı ciddi önlemlerin

alınması gerekmektedir. Giardia kistlerinin en önemli taşınım yolunun su olduğu düşünülürse, dünyanın birçok ülkesinde epidemik hale gelmiş olan Giardiasis hastalığını önlemenin yolu içme suyu kalitesini arttırmak ve bu biyolojik parametrenin ölçüm ve kontrolünü yapmaktan geçmektedir.

1.2. ÇALIŞMANIN AMAÇ VE KAPSAMI

Türkiye’de ilk kez gerçekleştirilen bu çalışmanın amacı; İSKİ Kağıthane içme suyu arıtma tesisinde Giardia kistlerinin araştırılmasıdır.

Bu kapsamda; arıtma tesisine gelen ham suda, Giardia kistleri ile birlikte pH, bulanıklık, alkalinite, toplam koliform, toplam organik karbon gibi diğer su kalite parametreleri ölçülmüştür.



BÖLÜM II

İÇME SULARINDA GIARDİA KİSTLERİ

2.1. İÇME SULARINDA BULUNABİLECEK BİYOLOJİK KİRLETİCİLER VE SAĞLIK ETKİLERİ

Suda bulunabilen bazı mikroorganizmalar çeşitli hastalıklara sebep olurlar. Bu çeşit hastalıklara ‘suyun sebep olduğu hastalıklar’ denir. Sudan geçen bazı hastalıklar ve hastalığın sebebi olan organizmalar Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1 Sudan Geçen Hastalıklar

Hastalık Adı	Organizma
Basilli dizanteri	Shigella dysenterial
Tifo	Salmonella typhi
Kolera	Vibrio cholera
Amibli dizanteri	Entamoeba histolytica
Çocuk felci	Çocuk felci virüsü
Sarılık	Hepatitis virüsü
Giardiasis	Giardia
Cyrtosporidiosis	Cyrtosporidium

Tablo 2.1’de verilen organizmalardan başka bulaşıcı hepatitis virüsü, su diyaresi virüsleri gibi bazı virüsler de sudan geçerek hastalık yaparlar. Halk arasında ‘kara sarılık’ denen hastalığa sebep olan hepatitis virüsünün su ile geçmesi ve hastalık yapabilmesi için kuvvetli bir kirlenmenin gerekli olduğu ileri sürülmektedir.

Yukarıda belirtilen mikroorganizmaların bakteriyolojik tesbitleri zordur. Bu yüzden ‘indikatör’ mikroorganizmalardan yararlanılır. Bunlar:

1. Koliform bakterisi, bilhassa E. coli olarak bilinen Escherichia coli.
2. Streptococcus faecalis.
3. Clostridium Perfringers Sporları

E.kolinin sulara bulunması, zararlı mikroorganizmaların mevcudiyetinin bir işaretidir. Dışkının 1 gramında 10^8 - 10^9 adet E.koli bulunmuştur. Bu sebeple, bir içme suyu kaynağı analiz edildiğinde E.koli bulunmuşsa, bu kaynağın insan, memeli hayvan veya kuşların dışkılarıyla kirlendiği anlaşılır.

2.2. GIARDİA VE GIARDİASİS

2.2.1. Giardia Türlerinin Genel Özellikleri

Giardia, önemli sağlık problemlerine sebep olan kamçılı bir protozodur. Bu protozoa ilk olarak 310 yıl önce Leeuwenhoek tarafından bulunmuş ve Giardia duodenalis’in ilk resmi tanımı 1859 yılında Lambl tarafından yapılmıştır.

Yaşam çevriminde Giardia iki forma sahiptir; birincisi Trophozoite ve ikincisi Kist. Trophozoite’nin şekli uzunlamasına kesilmiş bir armutunkine benzerdir. Trophozoite’ler genellikle 10-20 μ m uzunlukta, 5-10 μ m genişlikte ve 2-4 μ m kalınlıktadırlar. Trophozoite form 2 çekirdeğe ve 8 kamçıya sahiptir. Bu kamçıların sayesinde trophozoite aktif olarak yüzebilmektedir.

Trophozoite’in çoğalması ikiye bölünme yoluyla olur. Yaşam çevriminde cinsiyet yoktur.

Giardia’nın kist formları elips veya oval şekillere sahiptir. Yaklaşık olarak 8-14 μ m uzunlukta ve 6-10 μ m genişlikte dirler. Olgunlaştıklarında, tek tarafa toplanmış 4 adet çekirdek içerirler. Kistin dış duvarı organizmayı sıcaklık ve dezenfektanlar gibi farklı çevresel etkilere karşı korur. Kist, hassas bir canlı tarafından yutulduğunda genellikle oniki parmak bağırsağında yerleşir. Kist, mide gibi asidik bir ortamla karşılaştığında yumurtlama prosesine başlar. Enfeksiyondan sonraki günlerde birkaç

milyon trophozoite gelişir ve bağırsaklardaki epithelial yüzeyleri kaplar. Giardia çevrede hemen hemen her yere yayılır. Giardia türleri, insanların, köpeklerin, kedilerin, sığırların, çeşitli kemirgenlerin, tavşanların ve diğer memelilerin küçük bağırsaklarında tesbit edilmişlerdir. Birkaç tür de amfibian ve sürüngenlerde tesbit edilmiştir. Şu anda ne kadar Giardia türü bulunduğu ve bunların patojenlikleri tam olarak bilinmemektedir. En yaygın olarak bilinen türler: kemirgenlerde bulunan *Giardia muris*, amfibianlarda bulunan *Giardia agilis*, memelilerde bulunan *Giardia duodenalis*, köpeklerde bulunan *Giardia conis*, ve kuşlarda bulunan *Giardia ardeae*'dir. *G.duodenalis* aynı zamanda *G.intestinalis*, *G.lambliia* ve *Lambliia intestinalis* olarak da bilinir. Bütün türler şekil bakımından birbirlerine oldukça benzerler.

2.2.2. Giardiasis

Giardiasis, parazit bulaşıcı insan hastalıklarının en yaygın olanlarından bir tanesidir. Absorbsiyon bozukluğu sendromu giardiasisin karakteristiğidir. Bu, mühim ağırlık kaybı, genel halsizlik ve bunlara bağlı olarak oluşan yorgunlukla kendini gösterir. Epithelial yüzeye tutunan trophozoite'ler absorbsiyona mekanik olarak engel olur. Hastanın bağışıklık sistemi giardiasisin patojenliğini etkiler. Özellikle Ig A (Immunoglobulin A : kanda bulunan bir savunma antikoru) çok önemlidir. Anne sütü iyi bir koruyucudur, çünkü Ig A'ların antikorlarını içermektedir. Normal sindirimde süt yağı hidrolizinin ürünleri Giardia için toksiktir.

Giardiasisin en mühim belirtisi; uzun süreli ishal durumudur. Ayrıca sulu ishale de yol açar. Diğer belirtiler; sarılık hastalığı, mide bulantısı ve kusma şeklinde kendini gösterir. Giardia lambliia dokuları istila etmez; ağır vakalar akut ishal üretebilir fakat ishaller kansızdır. Bu hastalık özellikle çocuklarda epigastrik ağrıya sebep olur. Parazitlerin safra yoluna ve safra kesesine girebildiği düşünülmektedir. G.lambliia'ya yetişkinlerde, çocuklar ve bebeklerdekinden daha az rastlanır.

Giardia türlerinin iletimi fekal-oral yol şeklindedir. Kunduzlar, fareler, tavşanlar, kirlenmiş yiyecekler, ve seksüel ilişkiler ile de bulaşabilir. Giardia'nın kist formları

tüm çevreye yayılabilme özelliğine sahiptir. Özellikle, fekal olarak kirlenmiş yüzey suları Giardia türlerini barındırırlar ve çevreye yayılmalarına yardım ederler.

Giardiasisi tedavi etmek için üç ilaç mevcuttur; quinacrine(Atabrine), metron idazole(Flagyl) ve furazolidone(Furoxone). Giardiasisin önlenmesi su kaynaklarının, arıtma tesislerinin, ve dağıtım sistemlerinin usulüne uygun işletilmesine bağlıdır.

2.2.2.1 A.B.D' deki Giardiasis Vakaları

Giardiasis, A.B.D de dahil olmak üzere dünyanın pek çok ülkesinde görülen bir hastalıktır. A.B.D'deki Giardiasis vakaları hakkında bilgiler 1920'den beri mevcuttur. Özellikle 70'li yıllarda Giardiasis vakaları artan bir sıklıkta görülmüştür. 1965-1981 yılları arasında ortaya çıkan 53 Giardiasis vakası A.B.D'deki 20.039 kişiyi etkilemiştir. Bu sayı tekil vakaları içermemektedir. Giardia, 1972-1981 periyodunda su yolu ile bulaşan en yaygın patojendi. Tablo 2.2 A.B.D'de 1965-1981 yılları arasında görülen Giardiasis vakalarını göstermektedir.

Giardiasis vakaları genellikle yüzeysel su kaynaklarına bağımlı olan bölgelerde veya topluluklarda ortaya çıkmıştır. Colorado'da 19 vaka meydana gelmiştir. Bu sayı diğer eyaletlerden daha yüksektir ve Giardiasis vakaları genellikle küçük su sistemlerinde veya rekreasyonel alanlarda ortaya çıkmıştır. Tablo 2.3 ,1965-1981 yılları arasında A.B.D'de görülen Giardiasis vakalarının eyaletlere göre dağılımını vermektedir.

Su yolu ile bulaşan Giardiasis vakaları en yoğun olarak, Kasım 1974-Haziran 1975 arasında Roma ve New York'da ortaya çıkmıştır.

Atıksuda Giardia kistlerinin varlığı esas olarak, kistleri atıksu toplama sistemlerine deşarj eden hasta insanlardan kaynaklanır.

A.B.D'de 1981-1988 yılları arasında ortaya çıkan vakaların en önemli sebepleri; kirlenmiş, arıtılmamış, veya yetersiz arıtılmış yüzey veya yeraltı sularının kullanılmasıdır. Aynı zamanda hayvanlar da bir kist kaynağı olarak düşünülebilir. A.B.D'deki pek çok Giardiasis vakası kunduzlar ve su sıçanları yüzünden meydana gelmiştir.

Tablo 2.2. A.B.D’de 1965-1981 Yılları Arasında Görülen Giardiasis Vakaları

YILLAR	VAKALAR	ETKİLENEN KİŞİ SAYISI
1965	1	123
1966	-	-
1967	-	-
1968	-	-
1969	1	19
1970	1	34
1971	-	-
1972	4	124
1973	4	73
1974	4	4930
1975	1	9
1976	3	639
1977	4	1012
1978	4	5171
1979	7	5864
1980	8	1730
1981	11	311
TOPLAM	53	20039

Tablo 2.3. A.B.D’de 1965-1981 Yılları Arasında Görülen Giardiasis Vakalarının Eyaletlere Göre Dağılımı

EYALET	VAKALAR
Colorado	19
Washington	6
Utah	4
New Hampshire	3
Vermont	3
Oregon	3
Montana	3
California	2
New York	2
Pennsylvania	2
Arizona	1
Idaho	1
Tennessee	1
Alaska	1

BÖLÜM III

GIARDİA TÜRLERİNİN ARAŞTIRILMASI

3.1. ÇEVREDE VE SİSTEMLERDE GIARDİA TÜRLERİNİN VARLIĞI

Lağım ve sularda bulunan Giardia kistlerinin sayısı hakkındaki bilgiler, sağlık ve tedavi çalışmalarında faydalı olacaktır. G.lambliia ile enfeksiyona uğramış bir insan atıksuya günde 10^8 kist verebilir.

Su ve atıksudaki kist sayıları, arıtma sistemlerine, suyun sıcaklığına, ve su kaynağına bağlı olarak değişir. Giardia kistlerinin atıksudan giderilmesinde, Aktif Çamur prosesi Damlatmalı Filtre prosesinden daha etkilidir. Damlatmalı Filtre çıkışındaki kist konsantrasyon aralığı (4-44 kist/l) Aktif Çamur prosesindekinden çok daha yüksektir (4 kist/l).

Ham sudaki kist konsantrasyonu soğuk iklimlerde, sıcak iklimlere nazaran daha yüksektir. Casson ve diğerlerinin araştırmalarında, Eylül ve Ocak ayları arasındaki kist konsantrasyonları diğer dönemlere göre daha yüksek bulunmuştur. Aynı zamanda Sykora'nın Youghiogheny Nehri'nde yaptığı çalışmalarda da, Giardia kist konsantrasyonlarının kış ve ilkbahar başlarında yüksek olduğu görülmektedir.

Fransa Nancy'de, evsel atıksuda günlük en yüksek konsantrasyonlar sabah aktiviteleri esnasında bulunmuştur (8^{00} - 10^{00} saatleri arasında). En yüksek değerler Şubat ve Mart'ta en düşük değerler ise Kasım'da bulunmuştur. Lağımındaki Giardia kist konsantrasyonları farklı ülke ve uluslar için farklı farklıdır (8×10^2 - $1,4 \times 10^4$ kist/l arasında değişir). Tablo 3.1'de değişik ülkelerin atıksularındaki Giardia kist konsantrasyonları verilmiştir.

Tablo 3.1. Farklı Ülkeler İçin Atıksulardaki Giardia Kist Konsantrasyonları

Referanslar	Ülke	1 litredeki kist sayısı (adet/litre)
Akin v.d, 1977	A.B.D	8×10^4
Bellamy v.d, 1985	A.B.D	$5 \times 10^1 - 5 \times 10^3$
Fox ve Fitzgerald, 1979	A.B.D	$8,7 \times 10^1 - 5,3 \times 10^2$
Panicker ve Krishnamoorthi, 1981	Hindistan	$1,8 \times 10^2$
Schwartzbrod ve Strauss, 1989	Fransa	$3,2 \times 10^1 - 2,1 \times 10^4$

Jakubowski ve diğerlerinin araştırmalarına göre, A.B.D’de incelenen 11 farklı eyalet arasında yıllık ortalama ham atıksu kist seviyelerinin en yüksek değerine California’da (3750 kist/l), en küçük değerine ise Pennsylvania’da (683 kist/l) rastlanmıştır. En yüksek ortalama konsantrasyon Pennsylvania’dan gelen çamur örneklerinde bulunurken, en düşük konsantrasyon ise Illionis tesisinden gelen çamurda bulunmuştur. 11 eyaletten gelen çamur numunelerindeki konsantrasyonlar 70-30.000 kist/l arasında değişmektedir. Sayma tekniğinde santrifüj işlemi %50’den fazla kist kaybına sebep olur.

Giardia kistleri, 1989-1990 yılları arasında Le Chevallier ve diğerleri tarafından 14 A.B.D ve 1 Kanada eyaletindeki su çevrelerinde incelenmiştir. Bunların çalışmaları 66 adet yüzey suyu arıtma tesisini kapsamaktadır ve ham su numunelerinin %81’inde Giardia kistleri tesbit edilmiştir. En yüksek kist değerlerine Montana (241,98 kist/l) ve Batı Virginia (66,04 kist/l) da rastlanmıştır. En düşük değerler ise Pennsylvania (0,05 kist/l) ve California (0,19 kist/l) da bulunmuştur. Bu çalışma, Giardia kistlerinin endüstriyel olarak kirlenmiş sularda korunmuş sulara nazaran 10 kat fazla bulunduğunu göstermiştir. Aynı zamanda, Giardia yoğunluğu ile fekal koliform, toplam koliform, ve bulanıklık parametreleri arasında bir ilişki bulunduğu da görülmektedir. Bu çalışmada, koliform konsantrasyonu ve bulanıklık yüksek olduğunda Giardia konsantrasyonunun da yüksek olduğu görülmüştür.

3.2. GIARDIA KİSTLERİNİN İNCELENMESİ

Giardia kistlerinin analizi ve tanımlanması için geliştirilmiş çeşitli yöntem ve metodlar bulunmaktadır. Genellikle dört metod kullanılmaktadır. Bu metodlar;

- İmmünofloresans metod
- cDNA Prob metod
- Santrifüj edilmiş numunelerin direkt mikroskopik incelenmesi
- Sukroz yüzdürmesi ve mikroskopik inceleme'dir.

Bu yöntemlerin içinden uygun olanı eldeki imkanlara ve çalışma amacına yönelik olarak seçilebilir. Yapılan çalışmanın amacına göre her yöntemin avantaj ve dezavantajları olabilir. cDNA Prob metodu diğer metodlardan daha hızlı ve verimlidir(cost-effective). Fakat , cDNA metodu ve İmmünofloresans metodu kist canlılığını saptamada kullanılmamıştır.

Kistleri bulup tanımlama metodları ve teknikleri 1975 yılından bu yana mevcut olmasına rağmen, metodların etkinliğinin, veriminin, doğruluğunun, ve hassasiyetinin karşılaştırıldığı bir çalışma bulunmamaktadır. Çalışmalar ve araştırmalar çok değişik sularda, ortamlarda ve şartlarda gerçekleştirilmiştir ve bir karşılaştırma yapmak mümkün değildir.

Santrifüj edilmiş numunelerin doğrudan incelenmesi, aydınlık alan mikroskobu altında 400X toplam büyütmede Giardia kistlerini saptamak amacı ile yapılır. Bu çalışmada, iki veya daha fazla içsel morfolojik karakteristik (2-4 çekirdek, iç organlar, axonemler) Giardia kistleri olarak tanımlanmıştır.

Kistlerin doğrudan sayımı, basit santrifüj veya sukros yüzdürmesi ile kullanılır ve mikroskopik olarak gerçekleştirilir.

Yüzey Suyu Arıtma Yönetmeliği (SWTR) esasen, Giardia türlerinin ortaya çıkmasını önlemek amacıyla, EPA tarafından çıkartılmıştır. 1979'da, 50 eyaletten yalnızca 8'i Giardiasisi kayda değer hastalık olarak listelerine almışlardır. 1989'un başlarına kadar bu sayı 42 eyalete yükselmiştir.

3.3.GİARDİA KİSTLERİNİN SUDAN GİDERİLMESİ HAKKINDA YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

İçme suyundan Giardia kistlerinin giderimi arıtmanın önemli noktasıdır. Bu kistlerin giderimi için çeşitli metodlar mevcuttur. En verimli metodlar; filtrasyon ve dezenfeksiyon'dur.

Bu konudaki ilk veri çalışması Hibler ve diğerleri tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, kistler farklı klor, pH ve sıcaklık derecelerine maruz bırakılmışlardır.

Haas ve Heller'in çalışması Hibler'in araştırmasına benzerdir. Bunların araştırmasındaki amaç; tanımlayıcıların en uygun serisini belirlemek için maksimum olasılık tekniğini kullanarak Hibler'in inaktivasyon verilerini analiz etmektir. Hom modeli, Giardia'nın serbest klor ile inaktivasyonunu tanımlayan en iyi model olmuştur.

5 °C'da, 11,7 mg/l'lik bir klor konsantrasyonu 1 saatlik temas süresi sonunda kistlerin morfolojisini önemli derecede etkilemiştir. 5 °C ve 15 °C'da 4 saatlik temas süresi sonunda da, 0,8 ve 2,8 mg/l klora maruz bırakılan kistlerin yaklaşık %50'si ve 9,8 ve 10.2 mg/l bakiyelere maruz bırakılan kistlerin %50'si görünür ögelere (çekirdek, axonem, vb.) sahip değillerdi. Fakat bir kist duvarı ve trophozoite şekil açıkça görülebiliyordu. Musluk suyu numunelerinde bulunan yaşayan 6 kistten 5'i kloraminasyon uygulayan tesislerden kaynaklanmaktaydı. Bunun sebebi, kloraminlerin Giardia türleri ile yavaş reaksiyon vermesidir.

Giardia kistleri, filtre malzemesi arasında yeterli boşluk bulurlar ise filtreleri geçebilirler. Giardiasis vakalarının pek çoğu böyle filtreler yüzünden ortaya çıkmıştır.

14 A.B.D ve 1 Kanada eyaletinden alınan, filtreden geçirilmiş 83 adet su numunesinin %17'sinde bu kistlere rastlanmıştır. Kist konsantrasyonunun geometrik ortalaması 4,54 kist/100 l ve aralığı 0,29-64 kist/100 l olarak bulunmuştur.

Yavaş kum filtreleri de bu kistlerin içme suyundan giderimi için kullanılmaktadır. Bu tip filtreler, Giardia kistlerini kontrol etmek amacıyla Kuzey Idaho'da denenmişlerdir. Sonuçlar; YKF iyi bir şekilde dizayn edildiği takdirde kistler için yeterli arıtmanın sağlandığını göstermektedir. Bu çalışmada kontrol 2 metod yardımı ile gerçekleştirilmiştir: Mikroskobik tanecik analizi (MPA) ve Elektronik tanecik sayımı (EPC). Filtre edilmiş sudaki tahmin edilen kist konsantrasyonu 0,01 kist/l'dir (ham sudaki kist konsantrasyonu 0,09 kist/l). DE (diatomaceous earth) filtrasyonu ve Tanecikli Ortam filtrasyonu da kistlerin gideriminde oldukça verimlidir.

Kistlerin gideriminde filtre akış hızı çok önemlidir. Kistlerin filtre edilmiş suya geçme ihtimalini düşürmek için akış hızında meydana gelebilecek değişimlerden kaçınılmalıdır.

Kimyasal madde ilavesi, kistlerin ham sudan giderilmesinde faydalıdır. Özellikle alum koagülant (10-16 mg/ l) kistleri gidermede polimerlerden (0,3 mg/ l) daha etkilidir. Bu kimyasalların birlikte kullanımı en etkili yoldur. Dozaj ve kimyasalın seçimi arıtmayı etkileyebilir.

DE filtrasyonu, Shingletown, Pa'nın ham suyundaki G.murisin giderimi için kullanılmıştır. 10 mg alum/g.DE filtre kullanımı filtrasyonda çok etkili olmuştur. Çıkışta hiç Giardia kistine rastlanmamıştır. Bu giderimde katyonik polimerlerin ve alumun etkisi de araştırılmıştır. En önemlisi, litrede 2000 kist içeren sudan bütün Giardia kistlerinin giderilmiş olmasıdır.

Yapılan ölçümler ve hesaplar sonucunda, içme suyunda Giardia kist sayısının yıllık geometrik ortalamasının $7 \times 10^{-4}/100$ l değerini geçmemesi tavsiye edilmiştir. Bu sonuca göre %99,9 arıtma yapan bir tesise ham suyun 100 l'sinde 7 kistten fazla kist gelmemesi gerekir.

3.3.1. Yüzey Suyu Kaynaklarında Giardia Kistlerinin Varlığı

14 A.B.D ve 1 Kanada eyaletinde gerçekleştirilen bu çalışmada, 66 adet yüzey suyu arıtma tesisinin kaynak sularındaki Giardia seviyeleri, birleştirilmiş bir immünofloresan metod kullanılarak ölçülmüştür. Sonuçlar, kistlerin su çevresinde oldukça yaygın bir şekilde bulunduğunu göstermiştir. Ham su numunelerinin %81'inde Giardia tesbit edilmiştir. Yüksek kist yoğunlukları, endüstriyel veya evsel atıksu karışan su kaynaklarında bulunmuştur. Giardia yoğunlukları ile bulanıklık ve toplam-fekal koliform gibi ham su kalite parametreleri arasında önemli ilişkiler bulunduğu gözlenmiştir. İstatistik modelleme, kist yoğunluklarının su ortamı ve su kalite karakteristiklerinden tahmin edilebileceğini iddia etmektedir. Ham su numunelerinde yüksek seviyede Giardia kist bulunması, arıtma tesislerinin SWTR'de belirtilen arıtmadan daha ileri bir arıtma uygulamalarını gerektirebilir.

Sudan bulaşan hastalık vakalarının artması üzerine EPA, SWTR'yi 29 Haziran 1989'da yürürlüğe koymuştur. Yönetmelik, Giardia ve enteric virüslerin kontrolü için, bütün yüzey sularının arıtımında filtrasyon ve dezenfeksiyonu şart koşmaktadır. Yönetmelik, filtrasyon ve dezenfeksiyon uygulayan sistemlerin Giardia için en az %99,9'luk bir giderim verimi sağlamasını gerektirmektedir.

Bu çalışmanın sonucunda, 85 adet ham su numunesinin 69'unda (% 81,2) Giardia tesbit edilmiştir. Tesbit edilebilen Giardia'nın geometrik ortalaması 2,77 kist/l, aralığı 0,04-66 kist/l olarak bulunmuştur. Bu veriler, diğer araştırmacıların buldukları sonuçlarla uyum göstermektedir.

Yüzey suyu numunelerinde Giardia'ya çok sık rastlandığından, bu organizmaların canlı olup olmadıklarını belirlemek çok önemlidir. Ne yazık ki, çevresel numunelerde gözlenen tekil kistlerin canlılığını saptamak için güvenilir metodlar bulunmamaktadır. Su arıtma uygulamaları patojenik organizmaları öldürmek için dizayn edildiklerinden, içme-kullanma suyu kaynaklarında bulunan kistler canlı olmamalıdır. Kontrol deneyleri, kistlerin bir serbest klor bakiyesine maruz kaldıklarında canlı tip morfolojilerini kaybettiklerini göstermiştir. Sonuçlar, numunelerde gözlenen kistlerin büyük çoğunluğunun canlı olmadığını göstermiştir.

Su ortamının korunma derecesi azaldıkça Giardia seviyeleri artmaktadır. Ortalama olarak, endüstriyel (evsel) kirlenmeye maruz kalan sular korunmuş su ortamlarından 10 kat fazla Giardia içerirler. Şekil 3.1 ile 3.3 arasında sunulan veriler, Giardia yoğunlukları ile Fekal koliform, Toplam koliform, ve Bulanıklık gibi ham su kalite parametreleri arasındaki pozitif ilişkileri göstermektedir. Giardia ile Fekal koliform ($r = 0,70$, Şekil 3.1) ve Toplam koliform ($r = 0,66$, Şekil 3.2) seviyeleri arasında önemli ilişkiler gözlenmiştir. Her iki ilişki için, Giardia yoğunlukları, koliform seviyelerindeki her $1,6 \log_{10}$ 'luk artışta yaklaşık olarak $1 \log_{10}$ yükselmiştir.

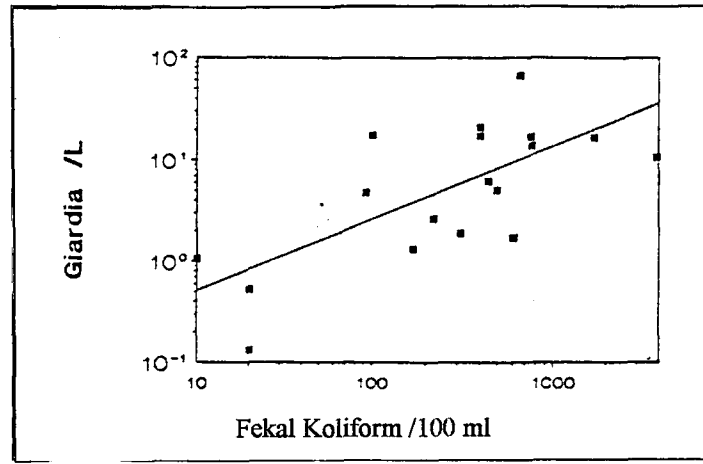
Bu sonuçlar, Akin ve Jakubowski, ve Rose'un buldukları sonuçlardan biraz farklıdır. Bu araştırmacılar yukarıda belirtilen ilişkileri bulamamışlardır. Bu farklılığın bir sebebi, analiz edilen su numunelerinin tipindeki farklılıklar olabilir. Rose ve diğerlerinin çalışmalarında, maksimum toplam ve fekal koliform sayıları sırasıyla; 286 ve 57 bakteri/100 ml olarak rapor edilmişken, bu çalışmada değerler; 1×10^5 ve 3×10^4 bakteri/100 ml olmuştur.

Bütün ham su parametrelerinin bir modelde birleştirilmesi, su kaynaklarındaki Giardia seviyelerini tahmin etmede kolaylık sağlar. Eğer böyle bir model geliştirilebilirse, bu, tekil bir su kaynağı için gerekli arıtma seviyesini tahmin etmede faydalı olacaktır.

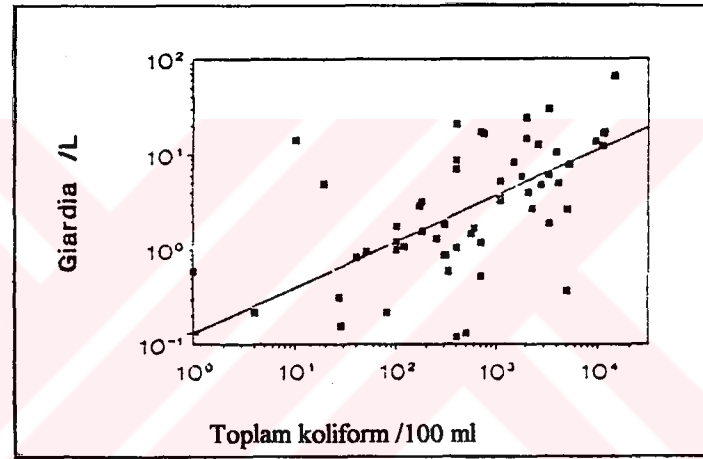
Sonuç olarak, tesislerin pek çoğunun, yıllık $<1/10.000$ 'lik risk seviyesine ulaşabilmek için $5,0 \log_{10}$ 'luk bir giderim ve/veya inaktivasyon uygulamak zorunda kalacağı tahmin edilmiştir.

Bundan başka, tesisler su ortamındaki pik Giardia seviyelerini düşürmelidirler. Bir sel olayından veya akıntıya karşı olan kanalizasyon arıtmasındaki bir bozulmadan sonra yükselen Giardia seviyeleri içme-kullanma suyu bariyerlerini ezebilir ve su kaynaklı hastalıklara sebep olabilir. Yeterli arıtma seviyesini saptamak için tesisler, ham su parazit seviyelerini belirleme çalışmaları yapmalıdır.

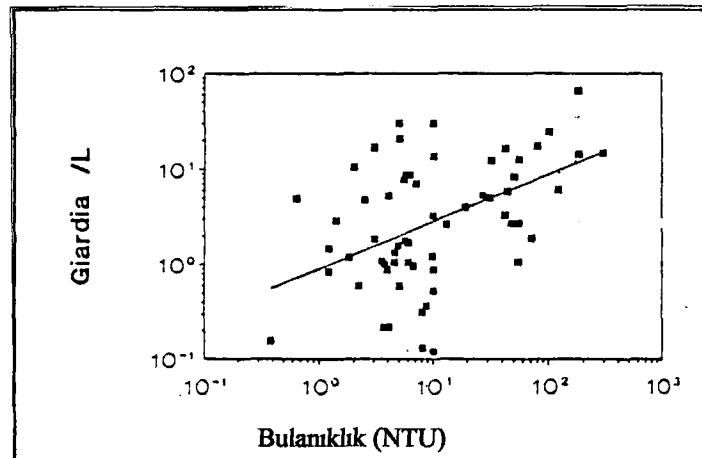
Kist canlılığını belirlemek için güvenilir metodlar geliştirmeye ihtiyaç vardır. Bunun için ilave araştırmalar yapmak gerekmektedir.



Şekil 3.1 Fekal koliform sayısı ile Giardia kist yoğunlukları arasındaki ilişki
Regresyon doğrusu: $y = 0,711(x) - 0,997$; $r = 0,702$, $p < 0,01$



Şekil 3.2 Toplam koliform sayısı ile Giardia kist yoğunlukları arasındaki ilişki
Regresyon doğrusu: $y = 0,483(x) - 879$; $r = 0,656$, $p < 0,01$



Şekil 3.3 Bulanıklık ile Giardia kist yoğunlukları arasındaki ilişki
Regresyon doğrusu: $y = 0,497(x) - 0,045$; $r = 0,443$, $P < 0,01$

3.3.2 Ham ve Arıtılmış Sularda Giardia Kistleri

Amerikan Su Sistemi (AWS) 1988-1993 yılları arasında bu kistleri izlemiştir. Bu yıllar arasında toplanan 347 adet yüzey suyu numunesinin analizi sonucunda; numunelerin %53,9'unda Giardia'ya rastlanmıştır. Parazit deneyleri canlılığa delalet etmediğinden bu sonuçlar, incelenen su sistemlerinin su kaynaklı patojen riski altında olduklarını kanıtlayamaz. Sistemler, Giardia seviyelerini $3,1 \log_{10}$ düzeyine indirebilmek için koagülasyon ve filtrasyona ilave olarak dezenfeksiyon uygulamak zorundadırlar. Her ne kadar, Dezenfektan/Dezenfeksiyon yan ürünleri (D/DBP) yönetmeliği arıtma tesislerinin dezenfeksiyon uygulamalarını sınırlasa da, tesislerin pek çoğunun Giardia için yeterli dezenfeksiyona ulaştıkları görülmüştür. D/DBP ve ESWT yönetmeliklerinin integrasyonu sağlanmalıdır.

Amerikan Su Sistemi Giardia deneylerine 1984 yılında Pennsylvania eyaletinde başlamıştır. Analizler Colorado Eyalet Üniversitesi tarafından çinko sülfat- Lugol's iodin metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 49 adet nehir suyu numunesinin yaklaşık %60'ında ve 79 adet rezervuar numunesinin %36'sında bu kistlere rastlanmıştır. 1987'de kistlerin saptanması için bir immünofloresan antikor metodu geliştirilmiştir. Bu metod ile çinko sülfat tekniği karşılaştırıldığında, immünofloresan antikor metodunun 12 kat fazla Giardia kist saptadığı görülmüştür.

Filtre edilmiş içme suyunun incelenmesi sonucu, 83 adet su numunesinin %17'sinde Giardia kistlerinin bulunduğu görülmüştür. İçme suyunda parazitlere sıklıkla rastlanmasına rağmen, kistlerin mikroskopik incelenmesi sonucunda bunların hemen hemen tamamının canlı olmadığı ve incelenen sistemlerde su kaynaklı hastalıklara rastlanmadığı belirlenmiştir.

SWTR tarafından düzenlenen filtrasyon kriterlerine uygunluk arıtılmış suyun kist bakımından temiz olmasını temin etmemiştir. Parazit- pozitif olan tesisler için, ortalama çıkış suyu bulanıklılığı 0,19 NTU olarak ölçülmüştür. Giardia açısından pozitif olan tesislerin %78'i SWTR'nin 0,5 NTU'luk bulanıklık standardını karşılamakta idi. Dezenfeksiyon uygulamalarının incelenmesi, hemen hemen tüm sistemlerin SWTR tarafından belirlenen minimum $0,5 \log_{10}$ dezenfeksiyon

seviyesinden daha yüksek seviyeler uyguladığını göstermiştir. Sistemlerin %75'inden fazlası, yıllık Giardia enfeksiyon riskini $<10^{-4}$ e düşürmek için yeterli dezenfeksiyon uygulamaktaydı.

Bu çalışma, 72 adet yüzey suyu arıtma tesisinin ham sularında ve çıkış sularındaki kist seviyelerini belirlemek için yapılmıştır(15 A.B.D ve 2 Kanada eyaletinde). 67 adet yüzey suyu kaynağı incelenmiştir. Patojenlerin tedkikinde İmmünofloresan Antikor (IFA) metodu uygulanmıştır. Kist yoğunlukları, yüzey suyu için sayı/l, tesis çıkış suyu içinse sayı/100 l olarak ifade edilmiştir.

İki yıllık bir izleme (Mart 1991-Ocak 1993 arası) sonucu elde edilen veriler, pek çoğu aynı sistemlerden toplanmış olan önceki bir veri seti ile (Ekim 1988-Haziran 1990 arası) birleştirilmiştir. Böylece, pek çok sistem için (%94) hem ham suda hem de çıkış suyunda 5 veya daha fazla analiz yapılmıştır.

Her bir sistemin veri karakteristiği; kaynak tipini, su ortamı koruma seviyesini, toplam ve fekal koliform sayılarını, heterotrofik plak sayılarını ve bulanıklık seviyelerini içermektedir. Fiziksel faktörler: sıcaklık, pH, amonya, nitrat, fosfat, ve toplam çözünmüş katılar (TDS) olmuştur.

Analiz edilen veri seti için, ortalama pH(7,5), sıcaklık(15 °C) ve serbest klor bakiyesi(1,4mg/l) saptanarak Giardia dezenfeksiyon seviyesi tahmin edilmiştir. Veriler toplanırken sistemlerin çoğu izleme çalışmalarını henüz gerçekleştirmemiş olduğundan, teorik bekletme süreleri kısa devreyi açıklamak için ayarlanır (çöktürme havuzları için 0,6 faktörü ile, temiz kuyular için 0,1 faktörü ile çarpılarak).

Teorik 10^{-4} yıllık risk hedefine ulaşmada ihtiyaç duyulan arıtma seviyesini hesaplamak için, bu çalışmada toplanan verilerin logaritmik farkları önceden yayımlanmış değerlendirme kriterleri ile karşılaştırılmıştır. 10^{-4} 'lük yıllık teorik risk seviyesi Giardia için 7×10^{-6} kist/l değerine tekabül etmektedir ve kişi başına günlük içme suyu tüketimi 2 l olarak kabul edilmiştir.

Parazitler tesbit edilemediği zaman, parazit seviyesi tesbit limiti değerinde rapor edilmiştir. Tesbit limitinin geometrik ortalaması ham su için; 0,99 kist/l (aralık:0,004-42 kist/l) ve çıkış suyu için; 1,79 kist/100 l (aralık:0,02-52 kist/100 l) olmuştur.

Mart 1991-Ocak 1993 arasında toplanan 262 ham su numunesinin 118'inde (%45) Giardia kistleri tesbit edilmiştir. Tesbit edilebilen Giardianın geometrik ortalaması 2,0 kist/l (aralık:0,02-43,8 kist/l) olmuştur. Ham su numunelerinde tesbit edilen 343 kistin mikroskopik incelenmesi sonucunda; bu organizmaların 50'sinin (%14,6) 2 veya daha fazla içsel yapıya sahip olduğu gözlenmiştir. Giardia kistlerinin ortalama 8,6 µm (aralık: 6,6-11,9 µm) genişliğe ve 12,3 µm (aralık: 8,6-16,5 µm) uzunluğa sahip oldukları görülmüştür.

Bu çalışmada yüzey suyunda bulunan Giardia sayıları, aynı yerler için önceden rapor edilmiş değerlerden daha düşüktür. Bu uyumsuzluğun 4 açıklaması olabilir:

- Önceki çalışma, Giardia olmayan organizmaları da saymıştır.
- Bu günkü çalışma Giardia'yı tesbitte daha az etkilidir.
- Kist seviyeleri bilinmeyen sebeplerin bir sonucu olarak kararsızdır. Kistlerin gerçek seviyesi iki çalışmanın ortalamasıdır.
- Ham sudaki Giardia seviyeleri son dört yılda azalmıştır.

Organizmaların karakteristikleri iki çalışmada da benzer olduğundan ilk olasılık elenebilir.

Metodoloji ve iyileşme verimleri önemli şekilde değişmediğinden ikinci olasılık da elenebilir.

Bu çalışmadan elde edilen veriler (n=262), önceki araştırmadan elde edilen veriler ile (n=85) birleştirildiğinde, 347 numunedeki Giardia kist yüzdesi %53,9 olmuştur. Bu değerler diğer araştırmacıların bulguları ile uyumaktadır.

Ham su kaynaklarına göre verilerin analizi, sonuçların doğruluğunu ve güvenilirliğini değerlendirmede kolaylık sağlar. Bu analizler, incelenen 67 ham su

kaynağının sadece 5'inin Giardia açısından negatif olduğunu göstermiştir. Tüm negatif bölgeler 4 ila 6 kez incelenmiştir. Yeterli sayıda numune analiz edildiğinde eninde sonunda Giardia'nın tesbit edileceği görülmüştür. Tablo 3.2, kaynakların çoğunun zamanın %40 ila %60'ında Giardia açısından pozitif olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.2 Giardia'nın Ham Sudaki Frekans Dağılımı

Tesbit Frekans Yüzdesi	Yüzde Dağılım
0	9,1
1-21	10,6
21-40	24,2
41-60	27,3
61-80	16,7
81-100	12,1

Tekil bir pik olayın arıtma bariyerlerini aşabilmesi ve sukaynaklı hastalığa sebep olabilmesi yüzünden arıtma tesisleri bu tip olayları engelleyebilecek şekilde tasarlanmalıdır.

USEPA, ICR (Information Collection Rule)'ye göre toplanan verilerin analizi için dört muhtemel yaklaşım önermiştir:

- Veriler için aritmetik ortalamayı kullanın
- Veriler için geometrik ortalamayı kullanın
- Sonuçların dağılımına dayanan en yüksek değerin 90. yüzdesini kullanın
- Maksimum sayıyı kullanın

USEPA kiste rastlanmayan bütün durumlarda limit değerin kullanılmasını önermiştir. Örneğin <1,0 kist/l değeri 1,0 kist/l olarak algılanır.

Giardia için geometrik ortalamaya, aritmetik ortalamaya ve maksimum seviyeye dayanan ortalama arıtma ihtiyaçları sırasıyla; 5,38, 5,52 ve 5,85 log₁₀ olmuştur.

Bütün tesisler SWTR’de belirtilen minimum 3,0 log₁₀’luk değerdan daha yüksek bir arıtmaya gerek duymuşlardır.

90. yüzde, arıtma hedeflerinin tayini için daha uygun bir parametredir. 90.yüzde keyfi bir standarttır fakat, tesisin ilave arıtma gerçekleştirmek zorunda kaldığı olağanüstü koşulları açıklar. 90. yüzdeyi belirleyebilmek için en az 10 numune gereklidir. İncelenen veri tabanı içerisinde, sadece 7 sistem 10 veya daha fazla kez incelenmiştir.

1991-1993 çalışmasında filtre edilmiş çıkış sularında Giardia kistlerine 12 kez (262 numunenin %4,6’sında) rastlanmıştır. Bu durumda ortalama Giardia seviyesi 2,6 kist/100 l (aralık: 0,98-9,0 kist/100 l) olmuştur. Kistlerin mikroskopik incelemesi sonucunda çoğunun ölü olduğu gözlenmiştir. Su numunelerinde bulunan 22 kistin %86’sından fazlası gözlenebilir iç morfolojik yapılardan yoksundu; sadece 1’i peritrofik bir boşluğa (canlılığın potansiyel bir göstergesi olan) sahipti.

Bu seviyeler önceki çalışmalarda rapor edilen değerlerden daha düşüktür. Bunun sebebi; ham suda daha az sayıda kist bulunması ve arıtma tesislerinin daha gelişmiş olmasıdır. 1991’deki çalışmada, ortalama tesis çıkış suyu bulanıklık değeri 0,19 NTU idi ve sistemlerin %80,5’i 0,5 NTU’dan daha düşük bulanıklığa sahipti. Bu çalışmada, ortalama tesis çıkış bulanıklığı 0,14 NTU olmuştur ve tesislerin %98,9’u 0,5 NTU’dan daha düşük bulanıklığa sahiptir.

1988 ile 1993 yılları arasında toplanan tüm filtre çıkış numunelerinin analiz sonuçlarına göre; tesislerin yaklaşık %28’i Giardia açısından bir veya daha fazla kez pozitif olmuştur. 14 sistem (%19,7) kist açısından yalnızca bir kez pozitif iken 6 sistem iki veya daha fazla kez kist-pozitif olmuştur. Sonuçlar, tesis çıkışları yeterli sıklıkta incelendiğinde eninde sonunda Giardia’ya rastlanacağını göstermiştir. Parazit deneyi canlılığa delalet etmediğinden, sonuçlar bu sistemlerin su kaynaklı patojenlerin tehtidi altında olduğunu göstermez.

Konvensiyonel filtrasyon kistlerin %99’u ila %99,7’sini giderebildiğinden, ham suda kist tesbitinin filtre edilmiş çıkış suyunda tesbit edilebilir kist seviyelerine sebep

olacağını beklemek mantıklı olur. Arıtılmış suda kistlerin mikroskopik tesbiti tesis performansını belirlemede yeterli bir metod olmadığından, ve tekil sonuçların emniyet aralığı geniş olduğundan, sınırlı analitik kaynakların en iyi kullanımı; Giardia varlığı için bir ham su veri tabanı geliştirmeye yoğunlaşmak ve arıtma tesisi performansını belirlemek için partikül sayıları gibi diğer kriterleri kullanmak olacaktır.

3.3.3. Filtre Edilmiş İçme Sularında Giardia Kistleri

14 A.B.D ve 1 Kanada eyaletinde bulunan 66 adet yüzey suyu arıtma tesislerinden toplanan filtre edilmiş içme suyu numunelerinde, birleştirilmiş bir immünofloresan teknik kullanılarak, Giardia seviyeleri tesbit edilmiştir. 83 adet filtre edilmiş su numunesinin %17'sinde Giardia kistlerine rastlanmıştır. Yapılan mikroskopik inceleme sonucunda organizmaların büyük bölümünün canlı olmadığı saptanmıştır. EPA tarafından hazırlanan SWTR'da belirtilen filtrasyon kriterleri arıtılmış suyun kist içermemesini sağlayamamıştır. Parazit pozitif olan tesis çıkış sularının ortalama bulanıklığı 0,19 NTU olarak ölçülmüştür. Giardia açısından pozitif olan tesislerin %78'i SWTR'nin bulanıklık standardını karşılamaktaydı. Giardia için geliştirilen bir risk keşif modeli kullanılarak verilerin değerlendirilmesi sonucunda, incelenen tesislerden %24'ünün yıllık 1/10.000'lik Giardia enfeksiyonu tehlikesini karşılayamayacağı görülmüştür.

SWTR, EPA tarafından esas olarak Giardia ve enterik virüs vakalarını kontrol etmek amacıyla hazırlanmıştır. Yönetmelik, filtrasyon ve dezenfeksiyon uygulayan sistemler için şunları şart koştur:

- Sistemler, Giardia kistlerini en az %99,9 ve enterik virüsleri %99,99 giderebilecek şekilde dizayn edilmeli ve işletilmelidir.
- Sistemler, dezenfeksiyon bakiyelerini sürekli izlemeli ve dağıtım sistemine daima en az 0,2mg/l dezenfeksiyon bakiyesi girmesini sağlamalıdır.
- Son olarak sistemler, her ay alınan numunelerin %95'inde çıkış bulanıklığını <0,5NTU olarak okumalıdır.

Bulanıklık seviyelerinde meydana gelen ani değişimler, bulanıklık seviyesinin kendisinden daha önemlidir. Logsdon, bulanıklık seviyelerinde meydana gelen oldukça küçük değişimlerde bile Giardia kistlerinin filtrelerden geçebildiklerini göstermiştir. Logsdon ayrıca, filtreler iyi bir şekilde işletildiğinde dahi filtre çıkışlarındaki Giardia seviyelerinin 3 ila 10 kist/l arasında değiştiiğini rapor etmiştir.

Bu çalışmada test edilen sistemlerin hiç birinde Giardiasis vakasına rastlanmamıştır. Bulanıklık ve dezenfeksiyon verileri iştirak eden müesseseler tarafından karşılanmıştır. Tüm analizler sertifikalı laboratuvarlarda ve kabul edilen prosedüre göre yapılmıştır. Partikül sayımı, 10 ml'lik su numunelerinin bir Hiac/Rayco partikül sayacı ile analizi yoluyla gerçekleştirilmiştir. Tesbitler 3 kez yapılmıştır. Sayaç, 2-4 µm, 5-9 µm, 10-15 µm, 16-19 µm, 20-39 µm ve >40 µm boyut aralıklarındaki partikülleri ölçmek için kurulmuştur. >5 µm sayımları, Giardia boyutlu partiküllerin sayısını belirlemek için birleştirilmiştir.

Toplam 82 adet arıtılmış su numunesinde Giardia araştırılmış olup 14 numunede (%17,1) bu kistler tesbit edilmiştir. Kist sayılarının geometrik ortalaması; 4,45 kist/100 l ve aralığı; 0,29-64 kist/100 l olarak bulunmuştur. Hibler, çinko sülfat-Lugol iodine testini kullanarak, 1214 adet filtre edilmemiş su numunesinin 80'inde, 615 adet direkt filtrasyon çıkış suyu numunesinin 148'inde, ve konvansiyonel olarak arıtılmış 357 adet su numunesinin 12'sinde bu kistleri bulmuştur. Ongerth, bir IFA testi kullanarak, kimyasal şartlandırma kullanmayan bir konvansiyonel su arıtma sisteminde filtre edilmiş 9 adet su numunesinin 7'sinde bu kistleri rapor etmiştir. Kimyasal şartlandırma uygulandığında bile, pilot tesis çalışmalarındaki çıkış numunelerinde geri yıkamadan sonra kistlere rastlanmıştır. Ongerth aynı zamanda, 4 adet basınçlı çift ortam filtre kullanan bir başka tesisten alınan 13 adet su numunesinin 7'sinde kistler bulmuştur. Üçüncü bir tesiste Ongerth, bir DE filtresinden alınan 3 adet numunenin 1'inde kistlere rastlamıştır.

İçme suyu numunelerindeki 46 adet Giardia kistinin mikroskopik incelemesi sonucunda, kistlerin %13,3'ünün canlı (viable) tip morfolojiye sahip olduğu görülmüştür. Musluk suyu numunelerinde bulunan 6 adet canlı kistin 5'i kloraminasyon uygulayan sistemlerden gelmekteydi. Kloraminler Giardia ile yavaş

reaksiyona girdiğinden, bu organizmalar serbest klora maruz bırakılan kistlerle aynı seviyede tahribata uğrayamamışlardır. İncelenen sistemlerde Giardiasis vakasına rastlanmamıştır.

Çeşitli arıtma tesisi alternatiflerinin analizi, Granüler Aktif Karbon (GAC) ve Hızlı Kum Filtreleri (HKF)'nin çıkış sularında kist bulunma olasılığının, çift veya karışık ortam filtrelerin çıkış sularındakine göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. GAC filtre çıkışlarının %60'ından fazlası ve HKF çıkışlarının %36'sı Giardia içermektedir (Tablo 3.3).

Tablo 3.3 Çeşitli Filtre Çıkışlarında Giardia Kistleri

Filtre tipi	% Pozitif ^a	Ham suda ortalama kist yoğunlukları ^b
Kum	36 (5/14)	3,74
Çift ortam	25 (3/12)	2,46
Karışık ortam	17 (4/23)	0,76
GAC	61 (20/33)	5,68

^a Giardia açısından pozitif olan tesis çıkış numunelerinin yüzdesi. Parantez içindeki sayılar toplam numunede, pozitif numune sayısını gösterir.

^b Değerler geometrik ortalamalardır.

GAC filtre tesisleri, kaynakta su kalitesi düşük olduğu zaman sıklıkla kullanılır. Bu sonuçlar, ham sudaki yüksek parazit yoğunluklarının filtrasyonu bozup arıtılmış suya karışabileceğini göstermektedir. Bu sonuç, parazit-pozitif arıtma tesislerinin Giardia için ortalama $2,14 \log_{10}$ 'luk bir giderime sahip olduklarının tesbiti ile desteklenmiştir (parazit-negatif tesislerde bu değer; $>2,45 \log_{10}$ olmuştur). Ayrıca, arıtma tesisleri yüksek parazit giderme verimine sahip olsalar bile arıtılmış numunelerde organizmalara rastlanabileceği görülmüştür. Sonuçlar, mikroskopik incelemeye dayanır ve hücre canlılığını yansıtmamaktadır.

Bu çalışmada incelenen tesislerin iyi çalıştığı ve iyi bir şekilde muhafaza edildiği gözlenmiştir. Bu gerçek, çıkış sularındaki kist varlığından işletme parametrelerinin sorumlu tutulabileceği tezi ile ilişkili olabilir (Tablo 3.4). Örneğin, parazit-pozitif

olan 32 tesisin 4'ü (%12,5) bir atığa filtre (filter-to-waste) prosesi uygularken, parazit-negatif olan 50 tesisten 10'u bu prosesi uygulamıştır. Benzer olarak, yüzey yıkama prosedürlerinde, filtre akış zamanlarında (ve geri yıkama sıklıklarında), filtre durumunda, tesis dizaynında, ve koagülantın seçiminde farklılık yoktur. İncelenen her iki direkt filtrasyon tesisinin çıkışlarında düşük seviyede kist bulunduğu da not edilmelidir.

Bu çalışmada, parazit-pozitif olan tesisler için ortalama çıkış bulanıklığı 0,19NTU, parazit-negatifler için 0,18NTU olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar, düşük bulanıklığa sahip su elde etmenin, tesis çıkışında kist bulunmamasını sağlamayacağını göstermiştir.

Parazit negatif olan tesislerin %18'i, SWTR'nin numunelerin %95'inde bulanıklığın <0,5NTU olmasını gerektiren standardını sağlamamaktaydı.

Sonuç olarak, arıtma prosesi içinde bulanıklık giderimi istatistik olarak, Giardia gideriminin önemli bir göstergesi değildir ($P>0,05$). Şekil 3.4'de bu ilişki gösterilmiştir. Şekil 3.5'de 5 µm'den daha büyük boyutlu partiküllerin $\log_{10}$ azalımı ile Giardia kistlerinin $\log_{10}$ giderimi arasındaki ilişki gösterilmiştir. Kist gideriminin en iyi göstergesini saptamak için ilave araştırmalar yapmak gerekir. Bu gibi araştırmalarla bulunacak uygun bir temsilci (örn: bulanıklık, partikül sayıları, vb), arıtma performansını güvenilir olarak tahmin etmede kullanılabilir.

Tablo 3.4 Arıtma Parametreleri İle Giardia Organizmalarının Tesbiti Arasındaki İlişki

Arıtma parametresi	Arıtma tesisi çıkışı ^a	
	% Pozitif	% Negatif
Atığa filtre prosesi (filter-to-waste process)	12,5 (4/32)	20,0 (10/50)
Yüzey yıkama	65,6 (21/32)	50,0 (25/50)
İyi filtre durumu	71,9 (23/32)	76,0 (38/50)
Konvansiyonel arıtma	75,0 (24/32)	80,0 (40/50)
Koagülant		
Demir	15,6 (5/32)	16,0 (8/50)
Alum	59,4 (19/32)	72,0 (36/50)
Polimer	25,0 (8/32)	12,0 (6/50)

^a Veriler, Giardia açısından pozitif (n= 32) veya negatif (n= 50) olan tesisler için tasnif edilmiştir. Filtre akış süresi, parazit pozitif tesisler için ortalama 39 sa ve parazit negatif tesisler için ortalama 44 sa olmuştur.

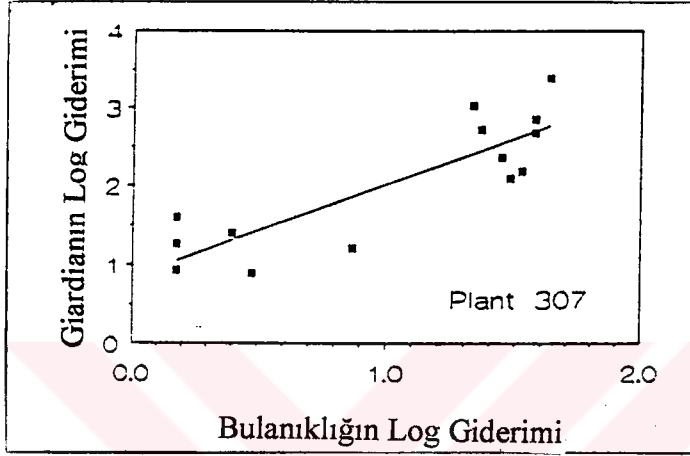
Arıtma yoluyla kistlerin giderimi, ham sudaki ve tesis çıkış sularındaki Giardia sayıları arasındaki fark olarak hesaplanmıştır. Ham su Giardia seviyeleri, %50 iyileşme verimini izah etmek için 2 ile çarpılmıştır. Musluk suyu numuneleri kist seviyeleri, %70 iyileşme verimini ayarlamak için 1,43 ile çarpılmıştır. Arıtılmış çıkış sularında hiç kist bulunmadığı zaman tesbit limiti değeri esas alınmıştır. Değerler aynı zamanda, ham suda gözlenen %12,8'lik canlı tip kistleri izah etmek için ayarlanmıştır. Kist inaktivasyonunu belirlemede, dezenfektan konsantrasyonu x zaman (cxt) tablolarından Giardia inaktivasyonunu tahmin etmek için, dezenfektan bakiyesini, temas süresini, pH'ı, ve su sıcaklığını içeren veriler kullanılmıştır. Teorik temas süreleri; ön dezenfeksiyon için 0,6 ve son dezenfeksiyon için 0,1 çarpanları kullanılarak ayarlanmıştır. Hesaplanan arıtma seviyeleri, yıllık 1/10.000'lik bir Giardia bulaşma riskine ulaşmak için tavsiye edilen arıtma seviyesi ile karşılaştırılmıştır.

Şekil 3.6'daki verilerin ibrazı için, gerçek arıtma seviyesi tavsiye edilen seviyeden çıkarılmıştır. Sıfır değeri, arıtılmış suyun tavsiye edilen 1/10.000'lik risk hedefine ulaştığını gösterir. Sıfırdan büyük değerler, tesisin istenenden daha iyi bir arıtma sağladığını gösterirken sıfırdan küçük değerler tesisin 1/10.000'lik risk hedefine ulaşamayacağını göstermektedir. Sonuçlar, tesislerin %24'ünün bu hedefe ulaşamayacağını belirtmektedir. Tesislerin %12'si tavsiye edilen arıtma hedefinin $1\log_{10}$ 'dan daha fazla altındadır.

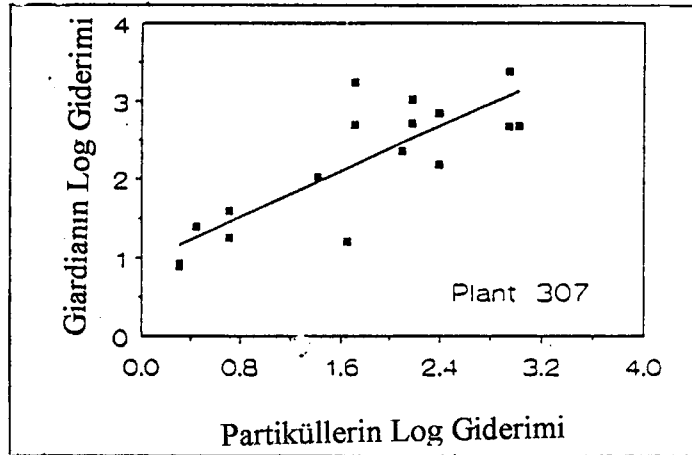
En kötü ihtimalde ($0,5^{\circ}\text{C}$ 'da dezenfeksiyon yapıldığı ve filtrasyon veriminin sabit kaldığı kabul edilerek), tesislerin %46'sı 1/10.000'lik risk seviyesine ulaşamayacaklardır. Soğuk hava şartları esnasında, tesislerin hemen hemen 1/4'ü tavsiye edilen arıtma seviyelerinin $1\log_{10}$ 'dan daha fazla altında kalacaklardır.

Bu çalışmada incelenen tesislerin pek çoğu, SWTR tarafından tavsiye edilen kist giderim seviyelerine ulaşmışlardır (çöktürme ve filtrasyonla 2 ila $2,5\log_{10}$ kist giderimi). Bazı yerlerde, ham su Giardia seviyelerini azaltmak için ilave dezenfeksiyona ihtiyaç duyulmuştur. Sonuç olarak tesislerin yarısı, $<1/10.000$ 'lik risk seviyesine ulaşabilmek için $5,0\log_{10}$ 'luk bir arıtma uygulamak zorunda kalmışlardır. Pek çok tesis SWTR taleplerini karşılamak amacıyla, $3\log_{10}$ 'luk bir

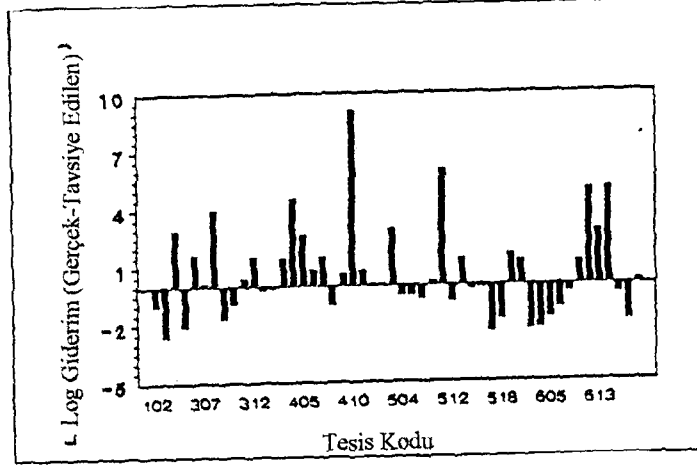
inaktivasyona ulaşmak için arıtma prosesi içinde bir dezenfeksiyon konsantrasyonu ve temas süresi sağlamak zorunda kalmışlardır. Soğuk su şartları esnasında, dezenfeksiyon konsantrasyonu ve temas süresi tavsiyelerini sağlamak için dezenfeksiyon seviyelerini önemli miktarda arttırmak gerekebilir. Fakat bu işlem EPA'nın Dezenfeksiyon Yan Ürünleri Yönetmeliği'ne ters düşebilir.



Şekil 3.4 Bulanıklık Giderimi İle Giardia Kist Giderimi Arasındaki İlişki.
Regresyon doğrusu: $y=0,854(x)+1,176$; $r=0,854$, $P<0,01$



Şekil 3.5 Boyutları $>5 \mu m$ olan partiküllerin giderimi ile Giardia kist giderimi arasındaki ilişki
Regresyon doğrusu: $y=0,939(x)+0,726$; $r=0,822$, $P<0,01$



Şekil 3.6 1/10.000'lik Yıllık Giardia Enfeksiyon Riskini Karşılama İçin Arıtma Verimliliğinin Analizi

3.3.4. Giardia Lamblia'nın Serbest Klor İle İnaktivasyonunun Kinetikleri

Bu çalışmada, Hibler'in Giardia kistlerinin serbest klor ile inaktivasyonu hakkındaki deneysel verileri "maksimum ihtimal metodu" kullanılarak analiz edilmiştir. 1'den küçük bir "m" değerine (gittikçe azalmaya delalet eden) sahip olan "Hom" modelinin, inaktivasyonu "Chick-Watson" modelinden daha kat'i bir şekilde karakterize ettiği bulunmuştur.

Çeşitli konsantrasyon, sıcaklık, pH değeri ve inaktivasyon derecelerinde; inaktivasyon hız parametreleri ve c.t değerleri için ara tahminler üretmede "jackknife prosedürü" kullanılmıştır. 1'den küçük seyrelme sabitlerinden dolayı, konsantrasyon artarken c.t değerleri de artar. Hesaplanmış c.t değerleri, Hibler ve Clark tarafından aynı verilerden tahmin edilmiş önceki değerlerden genel olarak daha düşüktür (bilhassa 2-3 log inaktivasyonlarda oldukça düşük).

Her ne kadar, 0,5 °C'da, pH 8'deki c.t değerleri pH 7'de olması gerekenlerden daha düşük olsa da (önceki çalışmaya muhalif olarak) hem 2,5 °C'da hem de 5 °C'da pH ile icabeden c.t değerinde birbirini tutan bir artış vardır. Her ne kadar, pH 7 ve pH

8’de, sıcaklığın etkisi daha gayrimuntazam ise de, pH 6’da, sıcaklık yükselirken icabeden c.t değerlerinde birbirini tutan bir düşüş vardır.

C.t değerlerinin pH ve sıcaklık bağımlılığında görülen istisnalardan dolayı, inaktivasyon sonuçlarının ekstrapolasyonu için hiçbir prosedür tavsiye edilmemiştir. Su arıtımı için kullanılan dezenfektanlar ile Giardia kistlerinin inaktivasyonu, uygulanması gereken arıtmanın derecesini tayin etmede oldukça büyük bir önem arz etmiştir. A.B.D EPA teklifleri altında, verilen c.t standartlarını sağlayamayan yüzey suyu kaynaklarına filtrasyon işlemi uygulanması istenir. C.t standartları, Giardianın inaktivasyonu hakkındaki deneysel verilerden çıkartılmıştır. Bu sebepten, fazla arıtmayı ve masrafları minimize ederken halk sağlığını korumayı sağlamak için bu can alıcı kriterlerin en iyi tahminlerinin elde edilmesi elzemdir.

Giardia lamblia inaktivasyonunun hesabı için temel olan başlıca veriler Hibler tarafından 1987 yılında gerçekleştirilmiş bir çalışmaya aittir. Her ne kadar, önceki çalışmalarda otoriteler, ampirik regresyon tekniklerinin dezenfeksiyon kinetiklerinin tahmininde genellikle peşin hüküme ve/veya aşırı hataya sebep olduklarını göstermiş olsalar da, Hiblerin analizlerinde yeterli dezenfeksiyona ulaşılan c.t seviyelerini tayin etmek için bu gibi teknikler kullanılmıştır.

Bu çalışma için kullanılan deneysel protokol Hibler tarafından 1987 yılında tarif edilmiştir. Deneyler, dezenfeksiyondan sonra *gerbillere* verilen mikroskopik olarak tesbit edilmiş 50.000 kist (%20’si canlı kabul edilen) içeren ilk süspansiyonlarda, farklı pH, sıcaklık, serbest klor konsantrasyonu ve temas sürelerinde gerçekleştirilmiştir. Her bir deneyde, 5 *gerbiline* her biri dezenfekte olmuş kistlerin eşit dozlarını kabul etmiştir. Uygun tutmayı takiben, enfeksiyona uğratılmış *gerbillerin* sayısı belirlenmiştir. Tablo 3.5’te gösterildiği üzere toplam 691 deneme gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.5. Hibler'in deneysel sonuçları

pH	Sıcaklık	Enfeksiyona uğramış hayvanların sayısı ile akışlar						Klor kons.		Zaman (dak)		C.t	
		0	1	2	3	4	5	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.
6	0,5	58	15	5	3	2	5	0,51	4,25	13	551	51,1	360,4
6	2,5	54	7	4	3	1	7	0,50	3,80	10	495	38,0	300,0
6	5	23	10	6	5	5	15	0,44	3,47	12,5	490	24,9	250,9
7	0,5	35	7	5	1	1	25	0,06	4,21	30	720	1,8	999,0
7	2,5	62	6	4	4	0	4	0,45	4,70	35	500	123,8	380,7
7	5	61	7	4	4	0	12	0,41	10,07	14	356	20,5	957,0
8	0,5	36	10	8	3	1	2	0,49	3,25	92	1080	89,3	800,4
8	2,5	68	12	4	3	2	6	0,50	3,24	30	981	89,0	809,4
8	5	45	9	3	2	1	6	0,48	3,67	50	714	119,9	559,5

Tablo 3.5'in bazı tarafları ilginçtir. İlk olarak, her bir pH/sıcaklık kombinasyonu için, tedkiklerin ekseriyeti ya toplam enfeksiyonda (5/5) yada toplam enfeksiyon yokluğunda (0/5) kayıtlıdır.

İnaktivasyon verilerinin analizleri "maksimum ihtimal prensibi" kullanılarak yürütülmüştür. Eğer L, replikasyonların ortalaması dezenfektan şartlarının bir fonksiyonu olarak verilen bir Poisson popülasyonundan bağımsız numuneler olduğu kabulü altında ihtimal fonksiyonu ise, alternatif kinetik modelleri için aşağıdaki eşitlikler yazılabilir:

$$-\ln L = \sum -P_i \ln[1 - \exp(-\mu_i)] + (T - P_i) \mu_i \quad (3.1)$$

$$\mu_i = N_0 d \exp(-kC_i^n t_i) \quad (3.2a)$$

$$\mu_i = N_0 d (1 + bC_i t_i)^{-n} \quad (3.2b)$$

$$\mu_i = N_0 d \exp(-kC_i^n t_i^m) \quad (3.2c)$$

Eşitlik (3.1), tüm infekte olmuş hayvanların canlı kistlere (Poisson) karşı eşit hassaslıklarının temel hipotezini ifade etmektedir ve Hibler'in veri seti ile tasdik

edilemez. P_i , verilen bir c_i (klor kons.) ve t_i (temas süresi) kombinasyonunda infekte olmuş hayvanların sayısıdır. L , ihtimal fonksiyonudur. (3.2a), (3.2b) ve (3.2c) eşitlikleri, dezenfeksiyon inaktivasyonu için, sırasıyla Chick-Watson, Selleck ve Hom modellerini ifade etmektedir. Hiblerin deneylerinde, $N_0 = 50.000$ kist'tir ve $d = 0,2$ kabul edilmiştir. Başlangıçta, d 'nin bir parametre araştırmasından belirlenmesi umulmuştur fakat daha sonra bunun imkansız olduğu anlaşılmıştır. Bunun sebebi; inaktivasyon parametrelerinin, evsahibi-kist ilişkilerini karakterize eden parametreden yeterli derecede ayrılamaz olmasıdır.

Şartların verilen bir serisi (pH, sıcaklık) için, parametrelerin en uygun değerleri 1. eşitliğin maksimizasyonundan saptanır (örn: log ihtimalin maksimize edilmesi). Bu problemi çözmek için, Nash ve Walker-Smith tarafından IBM için BASIC'te gösterildiği gibi ya Nelder-Mead ya da değişken metrik logaritma kullanılmıştır.

Çeşitli modellerin deneysel verilere uygunluğunun nisbi iyiliği, log-ihtimallerdeki farklılığın incelenmesi ile tayin edilebilir. Diğer bir deyiş ile, eğer L_1 ve L_2 $-\ln(L)$ için iki farklı değer ve $L_1 > L_2$ ise, $2(L_1 - L_2)$ 'nin değeri hesaplanır. Bu, iki modeldeki parametrelerin sayıları arasındaki farka eşit özgürlük derecelerinin sayısı için chi-kare dağılımına karşı test edilir. Eğer hesaplanmış istatistik kritik istatistikten fazla ise, iki model arasında istatistik olarak önemli bir farklılık var demektir.

Parametrelerin verilen pH ve sıcaklıkta saptanmış maksimum ihtimal tahminlerini alarak, kistlerin arzu edilen derecede inaktivasyonunda neticelenen c.t çarpımı, Chick-Watson, Selleck veya Hom modeli kullanılarak saptanır. Örneğin, Hiblerin veri setini karakterize etmede en iyi model olarak bilinen Hom modelinin alınması durumunda;

$$c.t = C \{ -\ln(N/N_0) / (kC^n) \}^{1/m} \quad (3.3)$$

Amaç; kistlerin verilen bir yüzdesinin (N/N_0) inaktivasyonu için gereken şartların hesaplanması olduğundan ve d yalnızca Hiblerin spesifik deneyindeki cevabı karakterize ettiğinden, yukarıdaki eşitlikte d izafi olarak görünmemektedir.

Yukarıdaki sebepten dolayı, verilen bir pH ve sıcaklık değeri için model parametre tahminleri elde edilir ve c 'nin bir fonksiyonu olarak tahmin edilen $c.t$ değeri hesaplanabilir. Model parametreleri ve $c.t$ değerleri için emniyet limitleri de hesaplanabilir. Başlangıçta yapılan hesaplama, Fisher istihbarat matrisinin bu limitlerin stabil olmayan bir tahminine yol açtığını göstermiştir. Bunun yerine *jackknife prosedürü* kullanılmıştır.

Bu prosedürde, verilen bir data alt seti (pH ve sıcaklığın bir kombinasyonu) için, her bir rasad birbirini takip eden bir şekilde silinip çıkarılır. Daha sonra, model parametreleri için maksimum ihtimalle tahmin edilmiş değerler her bir silip çıkarma için tekrar tesbit edilir. Buradan, hem model parametre tahminlerinin varyans-kovaryans matrisi saptanabilir hem de eşitlik (3.3)'ün 80 suretin her birine uygulanması ile her bir c değerinde $c.t$ değerlerinin aralığı hesaplanır.

Son bir hesaplama olarak, uyumun iyiliği (goodness of fit) ve temayülün tahmini Monte Carlo simülasyonundan hesaplanabilir.

İlk olarak, 3 modelin verilerin 9 adet alt setinin her birine (3 pH değeri X 3 sıcaklık değeri) olan uygunluğu karşılaştırılmıştır. Tablo 3.6, 3 modelin her biri için, $-\ln(L)$ değerlerini göstermektedir. $-\ln(L)$ değeri daha düşük olduğunda, modelin tedkik edilen verilere olan uygunluğunun arttığı görülmektedir.

Tablo 3.6. Modellerin karşılaştırılması

pH	Sıcaklık($^{\circ}\text{C}$)	En uygun parametreler için -ln ihtimal fonksiyonu		
		CW modeli	Selleck modeli	Hom modeli
6	0,5	235,129	129,428	128,516
6	2,5	301,171	119,549	116,619
6	5	767,734	183, 987	181,717
7	0,5	96,001	111,255	93,572
7	2,5	216,493	133,656	132,237
7	5	170,074	147,909	147,374
8	0,5	324,000	122,411	118,366
8	2,5	297,035	155,246	141,289
8	5	164,881	134,951	106,161
Toplamlar		2572,518	1238,392	1165,851

Selleck ve Chick-Watson modellerinin her ikisi de, her bir data alt seti için 2 parametre içermektedir. Selleck modelinin, Chick-Watson modeli üzerinde mühim bir gelişme olduğu aşikardır. Hom modeli her bir data alt seti için 3 parametre içerir. Bu karşılaştırma için, $2(L_1-L_2)$ değeri 145,082'dir. Bu değer serbestliğin 9 derecesi için, 0,001 seviyesinde istatistik olarak önemlidir. Bundan başka, her bir ve her alt set için, Hom modeli Chick-Watson modelinden daha gelişmiş bir uyum temin etmektedir. Bu yüzden, bahsedilen bu üç model arasında Hom modelinin Giardia'nın serbest klor ile inaktivasyonunu tarif etmede en elverişli model olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.7, data alt setlerinin her birine ait Hom modeli sabitleri (k, n, m) için maksimum ihtimal tahminlerini göstermektedir. Ek olarak, *jackknife* analizlerinden tahmin edilen varyans-kovaryans matrisinin elemanları sunulmuştur. Birkaç data seti için, birkaç parametre etrafında oldukça geniş bir emniyet şeridi bulunduğu açıktır. Aynı zamanda, tahminlerin son derece ilişkili olduğu açıktır. Varyans-kovaryans matrislerinin *jackknife* tahminleri de gösterilmiştir. Birkaç durumda, parametre tahminleri arasında güçlü bir ilişki saptanmıştır.

Bütün durumlarda, m 'nin tahmin edilen değeri $<1,0$ olmuştur (inaktivasyon eğrilerinin gittikçe azalmasına delalet eden). Bu, inaktivasyonun farklı derecelerine

ekstrapolasyonda oldukça önemlidir. Tablonun son bir kaç kolonu, c.t değerinin sayısal hesabını gösterir.

Hom modelinin Hibler'in inaktivasyon datasını tarif etmedeki meziyeti, log-ihtimal fonksiyonunun tesbit edilen değerinin Monte Carlo simülasyonundan tesbit edilen örnekleme dağılımı ile karşılaştırılmasıyla tayin edilmiştir. Bu karşılaştırma Tablo 3.8'de gösterilmiştir. Goodness of fit esasına göre bir modeli reddetmek için, tedkik edilen log-ihtimal fonksiyonunun taklid edilmiş 100 denemesi için seviyenin 5 veya daha az olması gerekir (Örn: %5 emniyet seviyesi). Açıkçası, her durumda, log-ihtimal istatistiği, Hom modeli Hiblerin tedkiklerine tatminkar bir uyum sağlar diyen hükümsüz hipotezin reddedilmesine sebep olacak kadar geniş değildir.

Monte Carlo simülasyonlarından, Hom model parametrelerinin tahminindeki temayül tayin edilebilir. İlk olarak, her bir data alt seti için, model parametrelerinin (k,n,m) herbirinin tahminlerinin frekans dağılımı saptanmıştır (Kolmogorov-Smirnov testinin Lilliefors modifikasyonu kullanılarak).

İkincisi, % temayül, 100 Monte Carlo simülasyonu esas deneysel data seti için maksimum ihtimal tahminleri'nden gelen değerlerin ortalaması olarak hesaplanmıştır. Tablo 3.9 temayüle karşılık gelen değerleri sunmaktadır. Parametre tahminindeki temayülün oldukça küçük olduğu ve parametre tahminlerindeki standart hatalarla karşılaştırıldığında dikkate değer olmadığı kabul edilebilir.

Data alt setlerinin her biri için, Hom parametrelerinin maksimum ihtimal tahminlerini ve eşitlik (3.3)'ü kullanarak, c.t değerinin konsantrasyon, sıcaklık, pH ve inaktivasyon derecesi ile değişimi hesaplanabilir. Ek olarak parametre tahminlerinin varyans-kovaryans matrisi mevcut olduğundan, c.t'nin tahminindeki belirsizlikleri hesaplamak mümkündür (verilen bir pH, sıcaklık ve N/N_0 değeri için). Başlangıçta yapılan tedkik, her bir *jackknife* suretinden c.t değerlerinin direkt olarak hesaplanmasını kullanarak, $\ln(c.t)$ 'nin dağılımının c.t'nin dağılımından daha simetrik olduğunu göstermiştir. Bu yüzden, $\ln(c.t)$ 'yi çıkarılmış miktar olarak kullanarak emniyet limitlerinin oluşturulması tercih edilir.

Hataların yayılması prensibinden yararlanılarak aşağıdaki ifade yazılabilir:

$$\text{var} [\ln(c.t)] = \sum_i \left(\frac{\partial \ln[c.t]}{\partial X_i} \right)^2 \text{var}(X_i) + \sum_i \sum_{j=i} \left(\frac{\partial \ln[c.t]}{\partial X_i} \right) \left(\frac{\partial \ln[c.t]}{\partial X_j} \right) \text{cov}(X_i, X_j) \quad (3.4)$$

Kısmi türevler, Hom eşitliğinin ayırd edilmesi ve parametrelerin maksimum ihtimal tahminlerinin başkasının yerine konulması ile analitik olarak belirlenebilir. Bu usül ile, $\ln(c.t)$ tahmininin standart sapması (varyansın kare kökü) saptanabilir. Bu hesaplamanın bir örneği, 2log inaktivasyon ($N/N_0 = 0,01$) ve 2mg/l'lik klor bakiyesi için Tablo 3.7'de sunulmuştur. Bazı deneysel saptamalarda, $\ln(c.t)$ değerine çok geniş limitler tesbit edilir. Tablo 3.7'deki konseptler kullanılarak, Giardia kistlerinin Hibler'in verileri ile aynı prensiplere uyan inaktivasyonunu temin edecek olan c.t değeri ve bu değerin emniyet limitleri tayin edilebilir.

Bütün pH-sıcaklık kombinasyonlarında, n değerinin bütün durumlarda <1 olmasından dolayı konsantrasyon yükselirken c.t değeri yükselir. İlave olarak, EPA tarafından belirlenmiş c.t değerleri bugünkü değerlerden daha büyüktür. Bilhassa 2 ve 3log inaktivasyonlarda, tahmin edilen c.t değerleri için emniyet şeritlerinin oldukça geniş olduğu açıktır.

Tablo 3.7. Maksimum ihtimal parametre tahminleri, kovaryans matris ve örnek c.t hesaplamaları

		Kovaryans matrisinin elemanları					ln(c.t)'nin ilk değerleri			
MLE										
pH/Sıcaklık	değerleri	k	n	m	ln(c.t)	var[ln(c.t)]	SS	k	n	m
6/0,5	k	2,0736	0,35259		2,437	0,230	0,479	-1,473	0,0	-7,441
	n	0,2727	-0,03651	0,00443						
	m	0,3275	-0,03173	0,00319	0,00290					
6/2,5	k	3,1144	0,79288		1,510	0,580	0,761	-1,240	0,0	-5,830
	n	0,2273	-0,06475	0,00664						
	m	0,2590	-0,05255	0,00411	0,00355					
6/5	k	5,1533	1,74369		-0,827	5,037	2,244	-1,427	0,0	6,081
	n	0,1282	-0,07857	0,00425						
	m	0,1360	-0,07814	0,00344	0,00353					
7/0,5	k	0,1410	0,02104		4,494	0,911	0,955	-9,144	0,0	-5,793
	n	0,6433	-0,04921	0,13265						
	m	0,7758	-0,05178	0,13406	0,13819					
7/2,5	k	2,4202	1,10482		2,293	0,715	0,846	-1,472	0,0	-8,169
	n	0,2494	-0,09555	0,00903						
	m	0,2806	-0,09069	0,00775	0,00752					
7/5	k	0,9840	0,28521		3,258	0,123	0,350	-2,145	0,0	-6,877
	n	0,4565	-0,06257	0,01439						
	m	0,4737	-0,06271	0,01378	0,01396					
8/0,5	k	3,7598	0,96105		1,098	1,303	1,141	-1,440	0,0	-5,948
	n	0,1145	-0,00895	0,00092						
	m	0,1847	-0,04469	0,00038	0,00211					
8/2,5	k	2,2500	0,78981		2,466	0,495	0,703	-1,530	0,0	-8,493
	n	0,1829	-0,03572	0,00305						
	m	0,2904	-0,06899	0,00303	0,00608					
8/5	k	1,5126	0,45493		3,087	0,276	0,526	-1,833	0,0	-8,558
	n	0,1815	-0,04203	0,00536						
	m	0,3607	-0,05635	0,00512	0,00704					

Not: c.t tahminleri %99 inaktivasyon ve C= 1mg/l için hesaplanmıştır.

SS: Standart sapma

Bu çalışmada elde edilen c.t değerleri Hibler ve Clark tarafından rapor edilmiş önceki değerlerden genellikle daha düşüktür. Bu fark iki temel nedenden kaynaklanmaktadır. Birincisi; her ne kadar yukarıda taslağı çizilen kist infektivite modelini kullanarak, canlı kistlerin en muhtemel sayısı verilen herhangi bir koşul için aşağıdaki şekilde açıklanabiliyor ise de, c.t değerlerinin Clark ve Hibler tarafından analizinde, verilen bir pH ve sıcaklıkta 1 ila 4 arasında infekte olmuş hayvan meydana getirmiş bütün şartlar birleştirilmiş ve bu orijinal olarak 4, sonra 3log inaktivasyon olarak izah edilmiştir.

$$MPN = (1/d) \ln[5/(5-P)] \quad (3.5)$$

P: enfeksiyona uğramış hayvanların sayısı

d: enfeksiyon ihtimali (Hibler'de 0,2 olarak kabul edimişti)

Tablo 3.10'da canlı kistlerin MPN (most probable number: en muhtemel sayı)'si ile hayvanların infekte olmuş sayılarının bir fonksiyonu olan % inaktivasyon karşılaştırılmaktadır. Enfeksiyona uğramış 3 adet hayvanın 4log inaktivasyona tekabül ettiği görülmektedir.

Bu çalışmanın sonuçlarından hesaplanan c.t değerleri ile EPA tarafından verilen değerler arasındaki büyük farkın ikinci sebebi (bilhassa 2 ve 3log inaktivasyon için); $m < 1$ değerine sahip Hom modelinin gittikçe azalan (tailing off) bir davranış göstermesidir. Bu yüzden, inaktivasyonun daha düşük derecelerine ekstrapolasyonda bu model ile istenen c.t değeri için oldukça az tahmin elde edilir. Ek olarak, bu ekstrapolasyon prosesi nedeni ile, arzu edilen c.t değerleri için 3 ve 2log inaktivasyonlardaki emniyet limitleri geniştir. Bu emniyet limitlerini daraltmak için inaktivasyonun düşük derecelerinde daha fazla deneysel veriye sahip olmak gerekecektir.

Eğer c.t değerleri pH ve sıcaklığın fonksiyonları olarak incelenirse birçok ilginç sonuç ortaya çıkar. Her ne kadar, 0,5 °C'da, pH 8'deki c.t değerleri pH 7'dekilerden daha küçük olsalar da, hem 2,5 °C hem de 5 °C'da, istenen c.t değeri ile pH'ta

birbirine uygun bir yükselme vardır. Bu, umulana biraz ters düşmektedir. Leahy (1987), pH 9'da kullanılan serbest klorun *G.muris* kistlerini inaktive etmede pH 7'deki serbest klordan daha etkili olduğunu rapor etmiştir. pH 8'de, sıcaklık artarken c.t değeri de artar. Aynı zamanda, pH 7 ve hem 3log hem de 2log inaktivasyonda, 2,5 °C'daki c.t değerleri hem 0,5 hem de 5 °C'daki değerlerden daha düşüktür. pH 6'daki sıcaklık etkisi daha iyi davranışlıdır.

Serbest klor ile *Giardia* kistlerinin inaktivasyonunu en iyi açıklayan model Hom modelidir. Maksimum ihtimal metodunu kullanarak inaktivasyon parametreleri belirlenmiştir ve *jackknife* ile kovaryans matrisi oluşturulmuştur. Bu sonuçlardan, işletme değişkenlerinin bir fonksiyonu olarak, inaktivasyonun arzu edilen derecesine ulaşmak için c.t değerini ve bunun emniyet limitlerini tahmin etmek mümkündür. Bu data setinin birkaç müstesna hususiyeti ortaya çıkmıştır:

1. 2,5 ve 5 °C'da, pH 7'deki inaktivasyon pH 6 ve 8'dekine nazaran daha hızlıdır.
2. pH 6'da, ters bir sıcaklık etkisi mevcuttur. Yani, yüksek sıcaklıklarda, verilen bir inaktivasyon derecesine ulaşmak için daha yüksek c.t değerine ihtiyaç vardır.

Ekstrapolasyondan kaynaklanan hataları azaltmak için, inaktivasyonun düşük derecelerinde ilave çalışmalar yapmak gerekecektir.

Tablo 3.8. Monte Carlo log-ihhtimal istatistikleri

pH	Sıcaklık	Gözlenen -ln(L)	Gözlenen -ln(L)'in aralığı (maks=1) (yüzde)	- Monte Carlo ln(L)	
				Ortalama	Standart Sapma
6	0,5	128,52	45	126,11	11,57
6	2,5	116,62	61	119,01	10,88
6	5	181,72	79	186,43	6,11
7	0,5	93,57	58	95,20	7,49
7	2,5	132,24	47	131,15	11,54
7	5	147,37	34	142,80	11,47
8	0,5	118,37	46	117,23	9,51
8	2,5	141,29	49	139,76	13,32
8	5	106,16	37	103,75	9,54

Tablo 3.9. Parametre tahminlerindeki temayülün Monte Carlo denemelerinden belirlenmesi

pH	Sıcaklık	Yüzde temayül		
		k	n	m
6	0,5	0,33	0,83	0,97
6	2,5	1,35	-2,15	- 0,12
6	5	-0,43	1,72	1,22
7	0,5	-4,25	5,24	4,80
7	2,5	4,37	2,11	2,14
7	5	-1,74	3,23	3,33
8	0,5	1,15	2,25	0,68
8	2,5	0,22	1,41	1,38
8	5	-2,61	2,88	2,78

Tablo 3.10. Enfeksiyona uğramış hayvanların çeşitli sayıları için MPN tahminleri (enfeksiyon ihtimalini 0,2 kabul ederek)

Enfeksiyona uğramış hayvan		
Sayısı (toplam 5'te)	Canlı kistlerin MPN'si	% inaktivasyon*
1	1,115	99,99777
2	2,555	99,99489
3	4,58	99,99084
4	8,045	99,98391

* Her dozda $N_0=10.000$ canlı kist olduğunu kabul ederek

3.3.5 Depolama Sıcaklığı Ve Ozon'un Giardia Kistleri Üzerindeki Etkileri

Bu çalışmada, depolama sıcaklığı ile ozon'un *G. lamblia* (insan giardiasisinin sebebi) ve *G. muris* (bir çeşit fare paraziti) üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Bu kistlerin uzun süre yaşayabilmeleri için gerekli olan optimum sıcaklık 5 °C olarak saptanmıştır. Ozon, her iki *Giardia* kistinin inaktivasyonunda son derece etkili bir maddedir.

Bu organizma, ABD'de meydana gelen su kaynaklı hastalıkların pek çoğunda tespit edilmiştir (en sık tespit edilen organizma).

G.lamblia ile dezenfeksiyon araştırmaları in vitro excystation metotlarının son yıllardaki gelişimine kadar yapılamıyordu. Excystationu viability için bir kriter olarak kullanarak fiziksel ve kimyasal dezenfekte edici maddelerin G.lamblia kistlerinin viabilitesi üzerindeki etkilerini belirlemede bu prosedürler kullanılmıştır. Bu çalışmalar sırasında karşılaşılan problemlerden biri kist eldesinin eksikliği diğeri ise excystation hızlarındaki değişkenliktir. Sonuç olarak araştırmacılar, G.lamblia yerine kullanılabilecek bir model organizmayı incelemişlerdir. G.muris, bu iş için en uygun seçim olarak görünmektedir.

G.lamblia ile G.muris arasında pek çok morfolojik ve fizyolojik farklılık bulunmasına rağmen, G.muris, Giardia organizmaları hakkında gerekli bilgilerin çoğunu saptamada kullanılmıştır.

Rice ve Hoff G.lamblia kistlerinin ultraviyole radyasyonu ile inaktivasyona E.coli'den çok daha dayanıklı olduğunu bulmuşlardır. ABD Halk Sağlığı Servisi tarafından tavsiye edilen minimum değerin neredeyse dört katı olan 63000 $\mu\text{w-s/cm}^2$ 'lik bir dozun, sudaki G.lamblia kistlerinin %80 inaktivasyonu için bile yeterli olmadığı belirlenmiştir.

Jaroll, G.lamblia kistlerinin klor ile inaktivasyonunda pH (6-8) ve sıcaklığın (5-25 $^{\circ}\text{C}$) etkilerini incelemiştir. Dezenfeksiyon verimi, pH yükseldikçe azalır, sıcaklık yükseldikçe artar.

pH 6 ve 5 $^{\circ}\text{C}$ 'de, G.lamblia kistlerinin klora direnci, Entamoeba histolytica kistlerinininki ile karşılaştırılabilir derecededir. Fakat poliovirüs 1 ve E.coli'nin klora karşı direncinden çok daha yüksektir. G.lamblia kistlerinin inaktivasyonu için gerekli klor miktarı, koliform bakterinin inaktivasyonunu esas alan su arıtımı için tavsiye edilen miktardan daha yüksektir.

Ozon ile protozoan kistlerin inaktivasyonu üzerine yapılmış olan birkaç çalışma literatürde mevcuttur. 1949'da, Newton ve Jones ozonun E.histolytica kistleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Diğer çalışmalar son yıllarda gerçekleştirilmiştir. Sıralı reaktörlerde kistlerin %99 inaktivasyonu için yapılan

çalışmalarda elde edilen veriler karşılaştırıldığında, *G.lambli*a ve *G.muris*'in ozona karşı *E.histolytica* ve *Naegleria gruberi* kistlerinden daha duyarlı olduğu görülmektedir. *Giardia* kistlerinin ozona karşı *E.coli*'den çok daha dirençli olduğu rapor edilmiştir. Ozonun yaygın bir şekilde kullanıldığı Fransa'da, su dezenfeksiyonu için 0,4 mg bakiye ozon/litre kriteri (8-12 dakika için) kabul edilmiştir. Böyle bir arıtma düşük sıcaklıklarda bile *Giardia* kistlerinin %99 inaktivasyonu için elverişli görülmektedir.

G. muris, outbred swiss albino dişi fareleri kobay olarak kullanılarak hayat çevriminde beslenmiştir. Farelerin aşılanması ve kistlerin izolasyonu Roberts-Thomson'un küçük modifikasyonlarla geliştirilmiş prosedürü kullanılarak yapılmıştır. Yaklaşık 3 haftalık bağışsız fareler, alt esophaguslarına veya midelerine oral olarak 1000 kist verilerek aşılanırlar. 5 ila 14 gün enfeksiyon sonrası periyodunda toplanan bağırsaklar % 0,01 polisorbate 20 çözeltisi içine adamakıllı parçalandıktan sonra 3 katlı cheese clothdan geçirilerek filtre edilir. Filtrat santrifüjle konsantre edilir ve sonuçta oluşan sediment süpernatant duru hale gelinceye kadar polysorbate 20 çözeltisiyle yıkanır. Kistler sucrose y z d rmesiyle sedimentten ayrılır ve distile suyla birkaç kez yıkanır. Kist süspansiyonu, kümeleri ve küçük parçacıkları elimine etmek için, 25  m naylon gözenekli bir filtreden iki kez geçirilir. 5  C'da saklanmış kistlerin konsantrasyonunu tahmin etmek için Hemocytometer sayıları kullanılır.

*G.lambli*a kistleri, giardiasis belirtisi gösteren hastaların dışkılarından izole edilir. İzolasyon prosedürü *G.muris* için kullanıllana benzer şekildedir. Tek farkı sulandırılmış numunelerin cheese cloth yerine sırasıyla 10-20-40 ve 60 gözenekli kalburlardan geçirilmesi'dir. Kümelerin ve küçük parçacıkların giderimi ve sonraki sayma aşaması *G.muris* için tanımlananın temel olarak aynıdır. Jaroll tarafından teklif edildiği üzere, kistler, dezenfeksiyon çalışmalarından önce olgunlaşmaları için 8  C'de 7 gün boyunca saklanmışlardır.

Bu çalışmada kullanılan in vitro excystation prosedürünün endüksiyon adımı, kistlerin bir hidrolik asit-tuz çözeltisiyle 37  C'de 15 dakika süreyle muameleye tabi tutulmasıyla modifiye edilmiştir. Daha sonra bu kist süspansiyonu L-cysteine

hidroklorit ve glutathione eklenmiş Hank's balanced tuz solüsyonu ile karıştırılır ve 37 °C'de 30 dakika kuluçkaya yatırılır (inkübe edilir). Organizmalar santrifüj ile çöktürülür ve süpernatant, Tyrode solüsyonu içinde çözölmüş trypsin içeren excysment ortamına yerleştirilir. Kistler tekrar santrifüj ile konsantre edilir ve bir depression slide'da 37 °C'de 1 saat inkübe edilir. Slide daha sonra kistleri saymak için incelenir.

G.muris kistlerinin viabilitesi, ilk adım olarak kistlerin endüksiyon ortamında 37 °C'de 30 dak. inkübe edilmesini tanımlayan, bir in vitro excystation prosedürü ile belirlenmiştir. Endüklenen kistler santrifüjle konsantre edilir ve depression slide'da 37 °C'de 30 dak. Tyrode's trypsin çözeltisiyle inkübe edilir. G.lambliia için kullanılan mikroskopik sayma metodunun aynısı kullanılarak excystation yüzdesi belirlenir.

Bir yığın fekal örnekten izole edilen yaklaşık 40×10^6 G.muris kisti içeren bir süspansiyon 4 eşit parçaya ayrılır. Herbiri yaklaşık 10×10^6 kist içeren bu parçaların üçü 5 °C, 20 °C ve 37 °C'de saklanır. Kalan numune, herbiri yaklaşık 500000 kist içeren parçalara bölünür ve -6 °C'de plastik test tüplerinde saklanır. 5 °C, 20 °C ve 37 °C'de depolanmış numunelerin her biri yaklaşık 500000 kist içeren küçük hacimleri ve -6 °C'de depolanan kist örnekleri excyst yapmak için düzenli aralıklarla endüklenmişlerdir.

Kist inaktivasyon çalışmaları, pH 7'de tamponlanmış ozon-demand-free su içeren sıcaklık kontrollü bir sıralı reaktörde gerçekleştirilmiştir. Kistler 5 °C'de ve 25 °C'de üç veya daha fazla farklı ozon konsantrasyonlarıyla inaktive edilmişlerdir. Deneyler süresince ozon, reaktöre sürekli olarak verilmiştir. Reaktördeki ozon seviyesi sabit seviyeye (steady state) ulaşınca, demand free suda askıda bulunan G.lambliia veya G.muris'in 3 ml'lik bir örneği, yaklaşık 10000 kist/ml'lik bir son yoğunluğu sağlamak için reaktöre enjekte edilir. Düzenli aralıklarla, reaktörden 10 ml'lik numuneler çekilir ve aşırı sodyum tiyosülfatla söndürölür. Bu numunelerdeki kistlerin viabilitesi önceden açıklanan excystation prosedürleri kullanılarak saptanır. Kontrol deneyleri de gerçekleştirilir. G.muris, ozonla inaktivasyonda kist yaşının

etkisini belirlemek için kullanılır. İzolasyondan sonra, kistler 5 °C'da saklanır ve düzenli aralıklarla inaktivasyon çalışmalarında kullanılır (25 °C'de ve pH 7'de).

G. muris kist örneğinin dışkılarından alındıktan hemen sonraki excystation'u %98 olarak bulunmuştu. 3 haftalık bir periyot sonrasında, farklı sıcaklıklarda saklanmış numuneler hakkında bulunan veriler Tablo 3.11'de sunulmuştur. Bir mikroskop slidedında sayılan kistlerin minimum sayısı 500'dür. Sayılan bu 500 içerisinde yaşayan kiste rastlanmamış ise excystation yüzdesi < 0,2 olarak kaydedilmiştir. 20 °C'de, kist viabilitesi ilk 3 gün içinde hızlı bir şekilde % 7'ye düşmüş ve 3. haftanın sonuna kadar yavaş yavaş minimum saptanabilir seviyeye inmiştir. 37 °C'de 3 veya daha fazla gün bekletilen kistler ≤ % 0,2 excystation seviyesinde kalmıştır. - 6 °C'de, kist viabilitesi 1 günde %1'e kadar düşmüş ve 3 haftalık periyodun geri kalan kısmı için son derece düşük seviyede kalmıştır. 5 °C'de depolanmış kistlerin excystationu çok yavaş bir şekilde düşmüş fakat 3 haftalık saklama periyodu esnasında ≥ %90 seviyesinde kalmıştır. 8 °C ve 21 °C'de saklanan G.lamblia kistleri için, Meyer, 2 ila 5 gün arasında değişen ve excystationdaki bir artış ile devam eden yaklaşık sıfır excystation periyodu gözlemiştir. Bu zaman esnasında gözlenen düşük excystation, kistler için bir olgunlaşma periyodu olarak tanımlanabilir. G.muris için saptanan sonuçlarla G. lamblia için rapor edilenler genellikle karşılaştırılabilir cinstendir (G.lamblia için gerekli olgunlaşma periyodu dışında). Donma noktasının altında ve 30 °C'nin üzerindeki sıcaklıklar, kistlerin yaşamlarını sürdürebilmeleri açısından zararlıdır. Buradan, her iki Giardia türünün 5-8 °C'da önemli bir viabilite kaybı olmaksızın 3 hafta süreyle saklanabileceği sonucu çıkarılabilir. G.lamblia'nın soğuk sularda uzun süre yaşamını devam ettirebilmesi demek, ortam sıcaklıkları düşük olduğunda halk sağlığı açısından bir tehdit unsuru olması demektir.

Yüksek sıcaklıkların kist viabilitesi üzerindeki etkisi bazı araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Schaeter, G.muris kistleri için termal ölüm noktasının 54 °C olduğunu bulmuştur. Suyun kaynatılması, G.lamblia kistlerini aniden öldürür. Jaroll, çözeltiyi 5 dak. için 55 °C'ye maruz bırakmanın çözeltideki bütün G. lamblia kistlerini öldürdüğünü bulmuştur. G.lamblia kistlerinin termal ölüm noktası hakkında bir bilgi bulunmamaktadır.

Bu çalışmada kullanılan ozon konsantrasyonları sırasıyla 25 °C'de 0,03-0,2 mg/l ve 5 °C'de 0,1-0,7 mg/l arasındadır. Deneyler esnasında reaktördeki aqueous ozon seviyesi ortalama konsantrasyonun $\pm$ % 9'undan fazla değişmemiştir. pH ve sıcaklıktaki değişimler sırasıyla, $\pm$ 0,1 ve $\pm$ 0,5 °C içerisinde tutulmuştur.

Sonuçlar, kistler pH 7 ve 25 °C'de 0,034 mg ozon/l konsantrasyona maruz bırakıldığında, G.muris'in ozona karşı G.lamblia'dan daha dirençli olduğunu göstermektedir. G.muris, G.lamblia ile 0,082 mg ozon/l konsantrasyonda ulaşılan inaktivasyon seviyesine erişmek için, 0,1 mg ozon/l'den fazla bir miktara ihtiyaç gösterir.

pH 7 ve 5 °C'de elde edilen sonuçlar, G.muris kistlerinin G.lamblia kistlerinden daha dirençli olduklarını göstermektedir.

Sıcaklıkla, G.lamblia ve G.muris kistlerinin dezenfeksiyonuna dirençteki değişim, inaktivasyonun iki log'u için konsantrasyon-zaman verileri kullanılarak tanımlanabilir. Verilen ozon konsantrasyonlarında (C) %99 inaktivasyon için gerekli süreler (t') yaşam eğrilerinden hesaplanmıştır (Tablo 3.12). Bu bağlamda, G.lamblia ve G.muris'in ozona karşı direnci, sıcaklık 25 °C'den 5 °C'ye düşürüldüğünde, sırasıyla 3 ve 8 kat artar. G.muris 25 °C'de G. lamblia'dan sadece 1,5 kat dirençli olmasına karşın 5 °C'de 3,5 kat dirençlidir. Bu yüzden, bu iki organizmanın inaktivasyonunda sıcaklığın etkisi eşit değildir. G.lamblia'nın klor ile inaktivasyonu sıcaklıkla, ozonla inaktivasyonundan daha fazla etkilenir.

Ozona karşı dirençte kist yaşının etkisi, 5 °C'de saklanmış G.muris kistleri kullanılarak, 25 °C ve pH 7'de saptanmıştır. Kist yaşı ile c.t¹ çarpımı arasındaki ilişki Tablo 3.13'te sunulmuştur. Ortalama c.t¹ değeri 0,25 mg/l'dir. Bu sonuçlar, 17 günlük test periyodu esnasında G.muris kistlerinin ozona karşı direncinin oldukça sabit kaldığını göstermektedir. Önceden tanımlandığı şekilde 5 °C'de saklandığında G.muris'in % excystationu 3 hafta için oldukça sabit kalmaktadır (Tablo 3.11). Bu sonuçlar, kistlerin 5 °C'de saklandıklarında bu periyot esnasında önemli değişimlere uğramadığını göstermektedir.

Su sıcaklığının *G.muris* kistlerinin viabilitesi üzerindeki etkisi, *G.lambliia* için rapor edilen sonuçlar ile karşılaştırılabilir cinsten bulunmuştur (sonraki aşamalar için gerekecek olgunlaşma periyotları dışında). Donma noktasının altındaki ve 30°C'nin üzerindeki sıcaklıklar kistler için öldürücü olarak tespit edilmiştir. Her iki *Giardia* türünün kistleri, sıcaklıklar ≤ 21 °C olduğunda geniş bir periyot için canlı kalmışlardır. Bu kistler yaklaşık 5 °C'de, 3 haftalık bir depolama periyodu sürecince önemli miktarda viabilite kayıpları olmaksızın iyi bir şekilde korunmuşlardır. 5 °C'de saklanan *G.muris* kistlerinin ozona karşı direnci, 2 haftadan daha fazla bir süre için oldukça sabit kalmıştır.

Halk su sistemlerinde görülen Giardiasis vakaları sıklıkla ilkbahar, sonbahar ve kış mevsiminin başında cereyan etmektedir. Bu, soğuk sularda *G.lambliia* kistlerinin uzun süre hayatta kalmalarına ve düşük sıcaklıklarda dezenfeksiyona dirençlerinin yükselmesine mal edilebilir. Eğer *G.muris* kistleri için saptanan sonuçlar *G.lambliia* kistleri için genişletilebilirse “age protective effect” (yaş koruyucu etki) ele alınması gereken bir diğer faktör olabilir.

3.3.6 Giardia Kistlerinin Konvensiyonel Arıtma ve Direkt Filtrasyon ile Giderimi

Her biri konvensiyonel arıtma ve direkt filtrasyon uygulayan 900 gpm'lik full-scale bir su arıtma tesisi ile 0,5 gpm'lik bir pilot tesiste *Giardia* kistleri iki yıl süre ile incelenmiştir. Ham su kalitesi (bulanıklık ve alg muhtevası) kadar bulanıklığı gidermedeki arıtma etkisi de tohumlanmış kistlerin giderimini arıtmanın modundan (yönteminden) daha fazla kontrol etmiştir. Kist giderim hızları ile, yaklaşık olarak aynı büyüklükteki partiküllerin giderimi arasında yüksek bir korelasyon bulunmuştur. Kistler ve bulanıklık giderimi arasında daha düşük bir korelasyon bulunurken, kistlerin giderimi ile heterotrofik bakteri arasında bir korelasyon bulunamamıştır.

SWTR altında, yüzey suyu arıtan bütün halk su sistemleri enteric virüsleri ve *Giardia* kistlerini gidermek zorundadır. *Giardia*'nın istenen 3 log inaktivasyonunu sağlamak

için virüslerin 4 log inaktivasyonunu sağlamada uygulanan dozajlardan daha yüksek klor dozajlarına ihtiyaç olduğundan, klor dezenfeksiyonu uygulayan sistemlerde Giardia için gerekli arıtma ihtiyaçları göz önüne alınır. SWTR'ye uyan su sistemlerine yardım etmek için geliştirilen rehber dökümanı, çeşitli filtrasyon işlemleri için kabul edilebilir krediyi belirtir. Düzgün bir şekilde işletilen konvansiyonel tesisler için, Giardia kistlerinin giderimi için 2,5 log'a kadar krediler elde edilmiştir (dezenfeksiyon ihtiyacını geri kalan 0,5 log'a düşürerek). Direkt filtrasyonda, Giardia için maksimum izin verilebilir kredi 2 log'dur (kalan 1 log'u dezenfeksiyonda sağlanır). Mikrobiyal kirleticilerin filtrasyon ile giderimi ABD EPA tarafından tekrar değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın amacı aşağıdakileri gerçekleştirerek Giardia giderimindeki en kritik ilişkileri incelemek idi:

- Konvansiyonel arıtma ve direkt filtrasyonun Giardia giderim etkilerinin bir karşılaştırması.
- Giardia için giderim etkileri ile bulanıklık, kist boyutlu partiküller ve heterotrofik bakterilerin giderimi arasında bir karşılaştırma.

Su arıtımı ile Giardia gideriminin etkileri, girişin bilinen konsantrasyonlarda aşılması sureti ile değerlendirilmiştir. Arıtmanın canlılık üzerindeki etkisi incelenmediğinden, giderim veriminin ölçülmesi için inaktive olmuş organizmalar kullanılmıştır. Bundan dolayı, bu çalışmada kullanılan yaklaşım, her biri konvansiyonel arıtma ve direkt filtrasyon uygulayan bir pilot tesis ve bir full-scale su arıtma tesisinde gerçekleştirilen aşılama deneylerinde ısı ve formalin ile inaktive edilmiş Giardia lamblia kistlerinin kullanımını içermektedir.

Pilot tesis Bluffdale, Utah'da bulunan Jordan vadisi su arıtma tesisini taklit etmek için kurulmuştur. Full-scale tesis Deer Creek rezervuarından gelen Provo nehrinin sularını arıtan 180 mgd'lik bir konvansiyonel arıtma tesisidir. Kunduz habitatı olarak bilinen bu su ortamı, su toplama alanında çok sayıda sığır çiftliğine sahiptir.

Pilot tesis prosesleri; bir hızlı karıştırıcı, 4 odalı flokülasyon havuzları (her biri 0,7 ft³), 2 adet çöktürme havuzu (2 ft x 2 ft x 1 ft 3,4 ft³ ıslak hacim), 4 inch çapında 57

inch yüksekliğinde bir çift ortam (dual-media) filtre (24 inch kum ve bunun üstünde 20 inch'lik antrasit tabaka ile doldurulmuş) içermektedir. Pilot tesis iki adet arıtma trenine sahiptir (Birisi direkt filtrasyona dönüştürülmüş). Her bir trenin işletilmesi esnasında akış hızı 0,5 gpm olarak ayarlanmıştır. Filtre yükleme hızı 5,75 gpm/ft² olmuştur. Filtre akış zamanları konvansiyonel arıtma esnasında 8 saat, direkt filtrasyon esnasında 4 saat olarak ayarlanmıştır.

Koagülant olarak Alum kullanılmıştır. Kavanoz testleri sonucunda bulunan alum dozajları, konvansiyonel arıtma için 12 mg/l ve direkt filtrasyon için 6 mg/l olmuştur. Yüksek bulanıklıklarda alum dozlarının 50 mg/l'ye yükseltilmesi icab etmiştir. Katyonik polimer dozları konvansiyonel arıtma için 1,3 mg/l ve direkt filtrasyon için 3 mg/l olarak uygulanmıştır. Direkt filtrasyonda anyonik polimer filtre yardımcısı olarak 0,01 mg/l konsantrasyonda eklenmiştir.

İkinci tesis Utah'da Price'ın yanında inşa edilmiş olan 900 gpm'lik Huntington arıtma tesisi idi. Bu tesis, Manti-La Sal dağlarındaki pınarlarla ve kar sularıyla beslenen Huntington Vadisi'nden alınan suları arıtmaktadır. Su ortamı, çiftçilik ve hayvancılık amacıyla kullanılmakta ve geyik, kunduz ve elk'ler için seçkin bir habitat teşkil etmektedir. Çalışma esnasında, kist tohumlama deneyleri için tesis 600 gpm hızında işletilmiştir. Bu akış hızındaki teorik bekletme süreleri şöyle oluşmuştur. 138 ft³'lük hızlı karıştırıcı için 1,7 dakika, 4800 ft³'lük flokülasyon tankı için 60 dakika, 6240 ft³'lük çöktürme tankı (60⁰'lik tüp çöktürücülü) için 78 dakika ve 1111ft³'lük çift ortam filtre için 13,8 dakika. Çöktürme havuzundaki nominal (sözde) savak yükü 1,25 gpm/ft² ve nominal filtrasyon hızı 4,8 gpm/ft² olmuştur.

İlk dört tohumlama denemesi esnasında, tesis konvansiyonel arıtma için işletilmiştir. Polialüminyum klorid koagülantı 5,9-8,0 mg/l arasında değişen dozlarda uygulanmıştır. 0,47 ila 0,54 mg/l arasında değişen dozlarda bir katyonik polimer kullanılmıştır. Filtre edilmiş bulanıklığı stabilize hale getirmek için bir filtre geri yıkamasından sonra ve tohumlamadan önce tesis 2-3 saat için işletilmiştir.

Konvansiyonel arıtma ve direkt filtrasyon arasındaki kist giderimlerinin karşılaştırılmasını sağlamak için, Huntington tesisi, çöktürme havuzu by-pass edilerek ve flokülasyondan çıkan sular direkt olarak filtre girişine verilerek direkt filtrasyon moduna dönüştürülmüştür.

Kist tohumlaması için tesislerin hidrolik karakteristiklerini belirlemek için, tohumlama denemelerinden önce rhodomine bir iz çalışması gerçekleştirilmiştir. Sofra tuzunun iz mataryeli olarak kullanıldığı diğer bir iz çalışması kistler için gerekli optimum örnekleme sürelerini belirlemek için gerçekleştirilmiştir. Her iki tesiste de (pilot tesis ve full-scale) iz çalışmalarının ikişer serileri gerçekleştirilmiştir. İz maddeleri pilot tesiste sürekli pompalanmış ve full-scale tesiste bir spike olarak injekte edilmiştir. Numuneler her bir havuzdan her 2 ila 5 dakikada bir toplanmıştır. Numunelerdeki rhodamine konsantrasyonu bir fluorometre ile ölçülürken tuz konsantrasyonu spesifik iletkenlik ölçerle ölçülmüştür. Her bir havuz girişindeki beklenen kist görünüm zamanı iz çalışmalarının yardımıyla tahmin edilmiştir ve dispersiyondan efektif konsantrasyon azalması gerçekleştirilmiştir.

Tohumlama denemeleri için, kaba-saflaştırılmış formalin- bağlanmış Giardia kistleri 30 µm'lik bir ağdan filtre edilerek rafine edilmiştir. Saflaştırılmış preparasyonları kullanırken ölçülen kist iyileşme hızları, yarı saflaştırılmış olanları kullanırken ölçülenler ile karşılaştırılabilir olmuştur.

Jordan vadisi arıtma tesisinde kurulan pilot tesiste 20 adet tohumlama deneyi gerçekleştirilmiştir. Akışlar konvansiyonel arıtma ile direkt filtrasyon trenleri arasında değiştirilmiştir. Konvansiyonel ve direkt arıtma akışlarının çiftleri aynı hafta esnasında bir gün arayla gerçekleştirilmiş ve her iki haftada bir tekrarlanmıştır. Tohumlama akışı filtrenin geri yıkanmasından sonra başlatılmıştır. Pilot tesis tam bir akışta yaklaşık olarak üç bekletme süresi için sürekli olarak tohumlanmıştır. Tohumlama solüsyonu, 4 l filtre edilmiş suya kistlerden 5×10^6 adet ilave edilmesiyle hazırlanmıştır (sayılar hemocytometre ile belirlenmiştir). Tohumlama solüsyonu sonuçta 1250 kist/ml konsantrasyona sahip olmuştur. Bu stok solüsyon bir peristaltik pompa yardımıyla pilot tesis akış hızı olan 0,43 gpm (1,63 l/dak.) ile birleştirilmiş 20 ml/dakikalık akış hızında beslenmiştir. Tohumlanmış ham girişteki kistlerin teorik

konsantrasyonu (25000 kist/dakika'lık hıza ve 1,63 l/dakika'lık dağıtmaya dayanan) 15337 kist/l idi.

Tohumlanmış giriş numuneleri 260 ml hacimlerde ham su giriş borusunun alt akışındaki bir noktadan toplanmıştır. 1 l'lik grab numuneler flokülasyon ve çöktürme havuzlarındaki valf çıkışlarından toplanmıştır. 60 l'lik filtre çıkış numuneleri bir filtreden numune alma portundan 500 ml/dakika'lık sürekli akışla toplanır. Filtre çıkışından bir hat üstü bulanıklık ölçere ve bir hat üstü partikül sayıcıya dağıtılan akımlar her bir deneme için izlenmiştir. İz çalışması sonuçlarından elde edildiği üzere, konvansiyonel arıtmada pilot filtre çıkışından numune alma, tohumlamanın başlangıcından 90 dakika sonra başlamıştır (Direkt filtrasyonda ise bu süre 60 dakika olmuştur).

Huntington'daki full-scale tesis için kullanılan yaklaşım: stabil filtre çalışması esnasında girişe 10^7 kist enjekte etmektir. Numuneler, tuz ilavesiyle bulunan pik iletkenliğin zamanlarına göre havuzlardan toplanmıştır. Numune alma prosedürü, her bir havuz için gerekli minimum numune hacmini (min. 10-20 kist bulunmasına izin verecek hacim) toplamak için geliştirilmiştir. Bu hacim umulan kist iyileşme verimine, tahmin edilen log giderimlere ve karıştırma, dispersiyon ve kayıpları açıklamak için yapılan iz çalışmasıyla belirlenen sulandırma faktörlerine dayanarak hesaplanmıştır. Bu faktörlere dayanarak, her bir numune noktasında ortaya çıkacak kistlerin sayısı hesaplanmıştır. Bu hesaplama, IFA boyama metodu ile her bir numunede kist tespitini sağlamak için gerekli minimum kist sayısına bağlı olarak yapılmıştır (arıtma boyunca 3 log'luk bir giderim tahminini ve %20'lik bir kist iyileşme verimini hesaba katarak). Her bir numune alma noktası için sulandırma faktörleri (C/C_0) tuz iz çalışmalarından çıkarılan bilgilerden hesaplanmıştır (C , bir havuzda ölçülen pik iletkenlik ve C_0 ; hızlı karıştırıcıdaki maksimum tuz konsantrasyonlu suyun ilk iletkenliği).

Giardia analizleri için numune işleme Riggs ve Ongerth tarafından tanımlanmıştır (Membran filtre ve IFA metodu). Numuneler vakum altında ya 293 mm veya 142 mm çaplı, 2,0 μ m gözenek boyutlu polikarbonat membran filtrelerden süzölmüştür. Filtre girişinde autoclavable tubing kullanılmıştır ve her kullanımdan sonra

otoklavlanmıştır. Tohumlanmış numuneler 293 mm'lik filtre içerisinde süzölmüştür. Numuneler arasında 293 mm'lik filtre aparatları yıkanmıştır. Tohumlanmış girişin küçük hacimli numuneleri 142 mm'lik membran filtreden süzölmüştür.

Kistler içeren partiköller plastik bir squeegee ile değışken olarak çalkalanıp silinerek membranlardan ayrılır ve konsantratlar 50 ml'lik konik santrifüj tüplerine transfer edilir. Tüpler santrifüj edilir, süpernatant her bir tüpe 5-10 ml gelecek şekilde emilir ve taneler flotasyona kadar %2'lik formalin içerisinde muhafaza edilir. Flotasyon için, partiköl konsantratının miktarı her bir gradyan için 0,5 ila 1,0 ml arasında sınırlandırılmıştır. Yüksek alg içerikli numuneler en hafif gradient yüklemesini gerektirmiştir. Ayırımlar Percoll-Percoll adım gradyanleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gradyenler 650 xg hızında 15 dakika santrifüj edildikten sonra 1,09-1,05 interface'indeki ve üzerindeki tabaka toplanmış ve direkt olarak 13 mm çapında 2,0 µm gözenek boyutlu polikarbonat membran filtreye pipetlenmiştir.

Filtreler direkt olarak filtre kartuşları içinde IFA boyama reagentlarının uygulanmasıyla boyanmışlardır. Kuluçka döneminden (inkübasyon) sonra, filtreler kartuşundan ayrılıp cam slide'ların üzerine yerleştirilmişler ve coverslip'ler her bir membranın üzerine konulmuşlardır. Slide'lar epifloresan mikroskopi ile 200-400 X büyütmede incelenmiş ve kistler her bir 13 mm membranın tüm yüzeyinden sayılmıştır.

Her iki tesiste ham ve filtre edilmiş su kalitesi tohumlama deneyleri esnasında izlenmiştir. Numuneler her bir tohumlama denemesi esnasında iki kez olarak, sıcaklık, pH, iletkenlik, 254 nm'de UV soğurması, sertlik, alkalinite, TOK, toplam ve fecal koliform, heterotrofik plak sayısı (HPC) ve alg sayısı'nın ölçölmesi için toplanmıştır. Numuneler Standard Methods'a göre analiz edilmişlerdir. Bulanıklık, filtre yük kaybı ve 4 boyut aralığında (2-4 µm, 4-7 µm, 7-14 µm ve 14-25 µm) partiköl sayımı tohumlama denemeleri esnasında hat üstü (on-line) monitörler ve analizörler kullanılarak sürekli izlenmiştir.

Pilot tesisteki her bir akış için, kist giderim oranları tohumlanmış girişin numunelerinde ölçülen kist konsantrasyonuna dayanılarak belirlenmiştir (Yani; tohumlama solüsyonunun ham giriş ile karıştırılmasından sonra). Tohumlanmış girişe bağlı olarak tahmin edilen giderimler, giriş ve çıkış numunelerinin flotasyon gradyenleri içerisinde geçirilerek işlenmesinden gelen konsantrasyonlar üzerinde etkiler içermiştir. Ek olarak, daha sonraki karşılaştırma için de kist giderimleri tahmin edilmiştir (Tohumlama solüsyonundaki kist konsantrasyonlarına bağlı olarak).

Full-scale tesis için kist giderim oranları giriş ve çıkış konsantrasyonlarından hesaplanmıştır. Aşağıdaki formül full-scale tesis için kist giderimlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır:

$$\text{Her bir havuzdaki kist giderim yüzdesi} = \frac{(C_0 \times D) - C_1}{C_0 \times D} \times 100 \quad (3.6)$$

C_0 : Girişteki kist konsantrasyonu

C_1 : Çıkıştaki kist konsantrasyonu

D : Havuzdaki sulandırma faktörü (tuz kullanılarak yapılan iz çalışmalarından hesaplanmış)

Hem pilot hem de full-scale tesiste giderim oranlarının hesaplanmasında veri açıklaması için üç adet eskiyi tutan varsayımlar ortaya atılmıştır:

- Tohumlanmış girişte bulunan kist konsantrasyonlarına dayanan giderimler veri analizinde kullanılmıştır. Aksi takdirde, tohumlama solüsyonunda bulunan daha yüksek kist konsantrasyonları daha yüksek giderim oranlarının rapor edilmesine sebep olacaktır.
- Kist giderim oranları sadece hem girişinde hem de çıkışında kist bulunan denemeler için hesaplanmıştır. Aksi takdirde, çıkış numunelerinde kist tesbit edilemediği zaman çok düşük tesbit limitleri kullanılacağından bu durum daha yüksek giderim oranlarının hesaplanmasına sebep olacaktır.

- Bulanık ham giriş numuneleri ve filtre edilmiş temiz çıkış numunelerindeki kist iyileşme verimlerindeki farklılıklar için ayarlamalar yapılmamıştır. Giriş numunelerindeki düşük iyileşme oranları için yapılacak ayarlamalar daha yüksek giderim oranlarının hesaplanmasına sebep olacaktır.

Provo nehri ve Huntington vadisi oldukça yüksek kaliteye sahiptir. Her iki kaynakta da Giardia bulunmuştur (Bu patojenlerin yüzey sularının her yerinde bulunan patojenler olduğunu gösteren önceki çalışmaları doğrulayan).

Provo Nehri suyunda (Jordan Vadisi'nde kurulan pilot tesiste kullanılan) ortalama pH 7,5 (aralık: 7,1-8,0) olmuştur. Ham suyun bulanıklığı ilkbahar taşkınları esnasında 23 NTU'ya ulaşmıştır. Fakat yaz ve sonbahar esnasında 4 NTU civarında kalmıştır. İletkenlik, toplam sertlik ve toplam alkalinite de bulanıklık gibi mevsimsel değişiklikler göstermiştir. 254 nm'deki UV soğurmasının düşük değerleri ve düşük TOK seviyeleri (1,5-3,0 mg/l) çalışma periyodunun 7 ayı boyunca devam etmiştir. HPC'ler Mayıs ayında en yüksek değerde iken (500 cfu/ml) toplam ve fekal koliform sayılarının her ikisi de Ağustos başlarında zirveye ulaşmışlardır. Provo Nehri'ndeki alg konsantrasyonları Temmuz ve Ağustos süresince yüksek olmuştur.

Mayıs ve Temmuz ayları arasında analiz edilen 4 numunenin ortalaması Giardia için 101 kist/100 l olmuştur. Temmuzdan Ekime kadar, ortalama Giardia konsantrasyonu 48 kist/100 l olarak bulunmuştur. Huntington Vadisi'ndeki ortalama pH 8,3 olarak bulunmuştur. Huntington tesisinin girişindeki ham su bulanıklıkları Ekimde 2,5 NTU iken, ilkbahar taşkınları esnasında 11 NTU ve Ağustosdaki düşük akışlarda 28 NTU olarak ölçülmüştür. Sudaki organik madde seviyeleri düşük olmuştur. 254 nm'deki UV soğurması 0,06 cm⁻¹ ve TOK ortalama 1,8 mg/l (aralık: 1,2-2,4 mg/l) olarak bulunmuştur. Bakteri sayıları yaz mevsiminde en yüksek değerleri almışlardır. Toplam ve fekal koliform 300/100 ml ve HPC 800 cfu/ml olmuştur. Yaz ayları esnasında toplanan ham, floküle edilmiş, çöktürülmüş ve filtreden geçirilmiş su numunelerinde yüksek alg konsantrasyonları gözlenmiştir (En yüksek seviye Ağustosda gerçekleşmiştir.).

Huntington tesisinde Giardia için analiz edilen ham su numunelerinde, Giardianın arka plan konsantrasyonu Nisan ayında 100 kist/100 l bulunmuştur (ham su bulanıklığı; 11 NTU). Ekim ayında; Giardia konsantrasyonu 42 kist/100 l olarak gerçekleşmiştir (ham su bulanıklığı: 2,5 NTU).

Hem girişte hem de çıkışta kist tesbit edilen tüm pilot-tesis denemeleri için hesaplanmış kist giderim oranları Tablo 3.14’de gösterilmiştir. Giderim oranları, tohumlanmış girişte tespit edilen son kist konsantrasyonlarına bağlı olarak hesaplanmıştır.

Konvansiyonel arıtma modunda işletilen pilot tesiste gerçekleştirilen tohumlama deneylerinde, Giardia giderimleri ortalama 3,40 log ($s=0,67$, $n=3$) olmuştur.

Full-scale tohumlama denemeleri için hesaplanmış kist giderim oranları Tablo 3.15’de verilmiştir. Konvansiyonel arıtma modunda işletilen Huntington su arıtma tesisini kullanarak gerçekleştirilen full-scale tohumlama denemelerinde ortalama Giardia giderimi 3,26 log ($s=0,67$, $n=2$) olmuştur. Direkt filtrasyon modunda gerçekleştirilen full-scale tohumlama denemelerinde Giardia giderimi 3,87 log ($s=0$, $n=2$) bulunmuştur.

Tohumlanmış Giardia kistlerinin gideriminin hem verimliliği hem de tutarlılığı, bulanıklığın gideriminin verimliliği ve tutarlılığına bağlıdır. Çalışma boyunca elde edilen kist giderim sonuçları, arıtma modu göz önüne alınmadan, partikül sayımından, bulanıklık ölçümlerinden ve heterotrofik bakteri sayımlarından gelen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Lineer ilişki analizi yardımıyla, 7 ila 11 μm ’lik partikülerin giderimi Giardia giderimi ile önemli derecede ilişkilidir [$R^2= 0,82$ ($p<0,1$)]. Benzer analizler bulanıklık giderimi ile Giardia [$R^2=0,64$ ($p<0,1$)] giderimi arasında kuvvetli ilişkilerin bulunduğunu göstermişlerdir. Giardia giderimi ile HPC giderimi arasındaki ilişkiler de önemlidir, fakat çok zayıftır [$R^2=0,075$ ($p<0,1$)].

Hem pilot hem de full-scale tesiste tüm tohumlama çalışmaları süresince Giardia giderimi izlenmiştir. İstenilen Giardia giderimlerine arıtma tesisi oldukça düşük bulanıklığa sahip (0,1-0,2 NTU) su üretirken ulaşılmıştır. Tesis performansı ve

suyun bulanıklığı değişir değişmez toplanan çıkış numunelerindeki kist konsantrasyonunda büyük değişimler meydana gelmiştir.

Giardia giderimleri 2,2 ila 4 log arasında değişmiştir. Giardia giderimi ile ilgili olarak yapılan önceki çalışmalarda yalnızca filtrasyon prosesi ile 2 ila 3 log'luk bir giderimin sağlanabileceği belirtilmiştir.

Full-scale testlerdeki Giardia giderimleri pilot testlerdekenden 0,5 log daha az bulunmuştur (Tablo 3.14 ve Tablo 3.15). Giardia için tohumlanan pilot tesis akışlarında, konvansiyonel arıtmanın performansı direkt filtrasyonunki ile mukayese edilebilir seviyede olmuştur. İki arıtma modu ile ulaşılan giderim oranları arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir.

Full-scale Huntington arıtma tesisinde gerçekleştirilen deneyler direkt filtrasyon modunun daha iyi performans sağladığını göstermiştir. Bu iki işletme periyodu esnasında su kalitesinde ve sıcaklıkta meydana gelen mühim farklılıklar nedeni ile bu sonuçlar direkt olarak karşılaştırılmaz. Su, konvansiyonel tesiste, arıtmanın biraz daha zor olduğu yaz süresince arıtılırken, suyu arıtmanın daha kolay olduğu sonbaharın sonlarında direkt filtrasyon uygulanmıştır. İlk dört deneme (konvansiyonel mod) esnasında toplanan numunelerdeki prolifik alg hücrelerinin varlığı ve direkt filtrasyon denemelerindeki alg içeriği eksikliği diğer farklılıklardır.

Arıtma moduna bakılmaksızın her iki tekil organizma boyut aralıklarındaki partiküllerin giderimi ile ilişkilendirilen organizma giderimi hakkındaki veriler çalışma boyunca toplanmıştır. Bu veriler, partikül sayımının kist gideriminin güvenilir bir indikatörü olacağını (korelasyon katsayısı 0,82) göstermektedir. Partikül sayıcılar pahalı olsalar bile, işletilmeleri ucuzdurlar, gerçek zaman verileri üretirler ve Giardia konsantrasyonlarını ölçmek için kullanılan deneylerden daha hassastırlar.

Giardia giderimleri ile bulanıklık giderimi arasında daha düşük seviyede ilişki (korelasyon sabiti 0,64) gözlenmiştir. Bulanıklığın log giderimi, kist giderimi için arıtma performansının takribi bir indikatörüdür, fakat partikül sayımından daha düşük bir doğruluğa sahiptir.

Heterotrofik bakteri giderim performansı, kist giderimlerinin tahmini için etkili bir surrogate değildir. Kistlerin log giderimi ile HPC'nin log giderimi arasında işe yarar bir ilişki bulunmamaktadır. Pilot ve full-scale tesislerde bulunan filtreler klorlanmış su ile geri yıkanmalarına karşın, heterotrofik bakteri filtre çıkış numunelerinde ham sudakinden daha yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur.

Partikül sayımı ve bulanıklık ölçümü ile yapılan tesis performansı değerlendirmesi, Giardia'nın beklenen giderimlerini tahminde verimli bir araç olabilir. Çalışmanın sonuçları kist ve partiküller arasında daha önceden rapor edilmiş ilişkilerle uygunluk göstermektedir. Giardia'nın sudan efektif olarak giderimi için arıtma tesislerinin çok düşük bulanıklıkta (0,1-0,2 NTU) su üretmeleri gerekmektedir. Giardia gideriminin hem verimliliği hem de tutarlılığı öncelikli olarak bulanıklık gideriminin verimliliğine ve tutarlılığına bağlıdır. Önceki araştırmacılar, bulanıklık gideriminin protozoan kist gideriminin bir indikatörü olarak önemini rapor etmişlerdir.

Konvansiyonel arıtma ve direkt filtrasyon akışları ayrı günlerde gerçekleştirildiğinden dolayı akışlar mutabık değildir. Bu, verilerin karşılaştırılmasında çeşitli zorluklara neden olur. Pilot akışlar müteakip günlerde gerçekleştirildiği için su kalite şartları mutabık olmamasına rağmen benzer olmuştur. Full-scale tesis, alg patlamasının suyu arıtmayı zorlaştırdığı yaz mevsimi boyunca konvansiyonel mod'da işletilmiştir. Direkt filtrasyon ise alg konsantrasyonlarının düşük olduğu sonbahar sonunda uygulanmıştır. Su kalitesindeki farklılıklar giderim verimlerini artmanın modundan daha fazla etkilemiş olabilir.

Giardia giderimi hakkındaki arıtma performansı verilerini tanımlamak ve doğru olarak açıklamak için organizmanın girişte ve çıkışta tesbit edilebilir seviyelerde olması gerekmektedir. Organizmalar, yapılacak testler için yeterli miktarda elde edilmelidir. Elde edildikten sonra doğru olarak sayılmalı ve depolama ve stok çözeltilere istenen seviyelerde dağıtılmalıdır. Organizmalar kırılğan ise, arıtma boyunca koridorlarda küçük parçalara ayrılabilirler.

Analitik metodun iyileşme verimi, kullanılan metoda ve spesifik numunelerin kalitesine bağlıdır. Eğer ilk tohum sayıları, besleme hızları, iyileşme verimleri veya numune hacimleri doğru olarak belirlenmezse filtre edilmiş su numunelerinde organizmalara rastlanmayabilir. Bu durum zayıf tahminler yapmayı veya deneyi tekrarlamayı gerektirir.

Su arıtma dizayn ve işletme profesyonelleri, Giardia hakkındaki arıtma performansı verilerini değerlendirmedeki kritik detayların ve tahminlerin önemini farkına varacaklardır. Önceden belirtildiği gibi, tohumlama deneyleri esnasında arıtma tesisi performans değerlendirmesinin dizaynı ve icrası, verimli planlamayı ve teknik beceriyi gerektirir (desteklenebilir ve yanlış yöne sevk etmeyen açıklanabilir bilgiyi üretmek için).

Önceden tartışıldığı üzere, doğru giderim performansının doğru tahminine izin vermek için deneysel veri analizlerinde desteklenmesi gereken 3 kritik sanı tanımlanmıştır.

Bu 3 sanının arıtma performansı verilerinin açıklanması üzerindeki etkisini göstermek için, her bir sanı esas alınarak toplam log giderimleri hesaplanmış ve alternatifi ile karşılaştırılmıştır. Tablo 3.16, tohumlanmış girişte tesbit edilen giriş konsantrasyonları temel alınarak hesaplanmış ve tohumlama solüsyonunda (giriş ham su ile karıştırılmadan önce) tesbit edilen ilk konsantrasyonlara dayanan hesaplarla karşılaştırılmış kist giderim verimlerini özetlemektedir.

Tohumlanmış girişte ölçülen konsantrasyonlarla hesaplanan kist giderim hızları (3,0-3,4 log) stok tohumlama çözeltisindeki konsantrasyonlarla hesaplanan değerlerden (%99,99 veya 4 log) daha düşük olmuştur (arıtma moduna bakılmaksızın). Pekçok tohumlama prosedürü uygulamasında kistlerin pompalanması ve karıştırılması esnasında kayıplar meydana gelir. Bu gibi kayıplar kist iyileşmelerini ve böylece tohumlama denemeleri esnasında hesaplanan giderimleri direkt olarak etkiler.

Tohumlama deneyleri esnasında gözlenen kist giderimlerinin hesapları, filtre çıkış numunelerindeki kist konsantrasyonlarının ölçümleri ile oldukça etkilenir. Filtre çıkış numunelerinde kist tesbit edilmediği zaman, bunların konsantrasyonları analitik metodun tesbit limitlerine göre belirlenir. Kist giderim hesaplarının çıkıştaki konsantrasyonların belirlenmesine olan hassasiyeti Tablo 3.17’de verilmiştir. Çıkış numunesinin hacmini değiştirerek, analitik metodun tesbit limitleri ve buna bağlı olarak tahmin edilen kist konsantrasyonu kist tesbit edilmeyen numunede değişecektir. Sonuç olarak, kist giderim hızları suistimal edilebilir (bu artan numune hacmi ile artar).

Tablo 3.18, numunelerdeki iyileşme veriminin veri açıklanması üzerindeki etkisini özetlemektedir. Giardia için iyileşme hızları ham suda ortalama %49, filtre edilmiş suda ortalama %52 olmuştur.

Aşağıdaki sonuçlar, konvansiyonel arıtma ve direkt filtrasyon boyunca Giardia gideriminin pilot ve full-scale tesis çalışmasından derlenmiştir.

- 0,1-0,2 NTU bulanıklığa sahip çıkış suyu üreten düzgün işletilen bir arıtma tesisinde hem konvansiyonel arıtma hem de direkt filtrasyon 3 log mertebesinde Giardia kist giderimine ulaşabilir.
- Kist boyutlu partiküller ve bulanıklığın giderimi, kist gideriminin indikatörleri olarak kullanılabilirler.

Tablo 3.11 G.muris kistlerinin canlılığı üzerinde depolama sıcaklığının etkisi

Kist yaşı Gün	Depolama Sıcaklığı			
	-6 °C	5 °C	20 °C	37 °C
0	98	98	98	98
1	0.8	98	94	8
2				2.2
3			7.2	2.1
4	<0.2	96		<0.2
5				<0.2
6			2.8	<0.2
7	<0.2	98		
8			1.2	
9		96		<0.2
10	0.2			
11		1.0		
12		95		<0.2
13	0.8		0.8	
14		94		0.2
15			0.4	
16		92		
17	<0.2		0.2	
18		93		<0.2
20	0.4		<0.2	
21		92		0.2
22			0.4	
23		89		
25		91		

Tablo 3.12 pH 7'de Giardia kistlerinin %99 inaktivasyonu için konsantrasyon-zaman verileri

Sıcaklık °C	Giardia lamblia			Giardia muris		
	C mg/L	t ¹ dakika	C.t ¹ mg dakika/L	C mg/L	t ¹ Dakika	C.t ¹ mg dakika/L
25	0.15	0.97	0.15	0.18	1.3	0.24
	0.082	1.9	0.16	0.10	2.2	0.22
	0.034	5.5	0.19	0.080	3.4	0.27
				0.034	8.2	0.28
			0.17*			0.25*
5	0.48	0.95	0.46	0.70	2.5	1.8
	0.20	3.2	0.64	0.40	5.0	2.0
	0.11	5.0	0.55	0.31	6.4	2.0
				0.21	9.6	2.0
			0.55*			0.19*

* Verilen bir sıcaklıkta ortalama c.t¹ değeri**Tablo 3.13** pH 7 ve 25 °C'da G.muris kistlerinin ozon ile inaktivasyonu için yaş ve C.t¹ değeri arasındaki ilişki

Kist yaşı Gün	C mg/L	t ¹ dakika	C.t ¹ mg.dakika./L
1	0.080	3.4	0.27
6	0.070	3.5	0.24
7	0.10	2.2	0.22
*	0.034	8.2	0.28
16	0.059	3.9	0.23
17	0.018	1.3	0.24

*10 ve 14 günlük kistlerin bir karışımı

Tablo 3.14 Jordan Vadisi'ndeki pilot tesiste Giardia giderimi

Aritma Modu	Giardia Giderimi	
	Yüzde	Log
Konvansiyonel Aritma		
Deneme 1		
Deneme 2	99,16	2,20
Deneme 3		
Deneme 4	99,98	3,90
Deneme 5		
Deneme 6	99,95	3,69
Deneme 7	99,95	3,69
Deneme 8		
Deneme 9	99,91	3,03
Deneme 10	99,98	3,90
Ortalama		3,40
Standart sapma		0,67
Direkt filtrasyon		
Deneme 1		
Deneme 2		
Deneme 3	99,78	2,90
Deneme 4		
Deneme 5		
Deneme 6		
Deneme 7	99,90	3,00
Deneme 8		
Deneme 9		
Deneme 10	99,99	4,00
Ortalama		3,30
Standart sapma		0,77

Tablo 3.15 Huntington full-scale tesisinde Giardia giderimi

Aritma Modu	Giardia Giderimi	
	Yüzde	Log
Convansiyonel Aritma		
Deneme 1	99,95	3,70
Deneme 2		
Deneme 3		
Deneme 4	99,66	2,82
Ortalama		3,26
Standart sapma		0,67
Direkt filtrasyon		
Deneme 1	99,97	3,87
Deneme 2		
Deneme 3	99,97	3,87
Deneme 4		
Ortalama		3,87
Standart sapma		0,0

Tablo 3.16 Kist gideriminin hesaplanmasında giriş kist konsantrasyonu C_0 'ın seçiminin etkisi

Organizma	Aritma Modu	Log giderim	
		Tohumlanmış girişteki konsantrasyona dayanan C_0	Tohumlama çözeltisindeki konsantrasyona dayanan C_0
Giardia	Konvansiyonel arıtma	3,4	4,0
	Direkt filtrasyon	3,3	4,0

Tablo 3.17 Ölçülen çıkış konsantrasyonlarından ve tesbit limitinden hesaplanan konsantrasyonlardan hesaplanan log-giderimler arasındaki karşılaştırma

Organizma	Aritma Modu	Log giderim	
		Ölçülmüş kist konsantrasyonuna dayanan $C_{\text{çıkış}}$	Hesaplanmış kist konsantrasyonuna dayanan $C_{\text{çıkış}}$
Giardia	Konvansiyonel arıtma	3,2	3,8
	Direkt filtrasyon	3,3	4,0

Tablo 3.18 Sadece giriş numunelerindeki iyileşme hızlarına dayanan log-giderimler ile hem giriş hem de çıkış numunelerindeki iyileşme hızlarına dayanan log-giderimlerin karşılaştırılması

Organizma	Aritma Modu	Log giderim	
		Sadece giriş numunelerindeki iyileşme hızlarına dayanan	Hem giriş hem de çıkış numunelerindeki iyileşme hızlarına dayanan
Giardia	Konvansiyonel arıtma	3,4	3,7
	Direkt filtrasyon	3,3	4,0

BÖLÜM IV

İSKİ KAĞITHANE İÇME SUYU ARITMA TESİSİNDE GIARDİA KİSTLERİNİN ARAŞTIRILMASI

4.1. GİRİŞ

Bu çalışmada, Kağıthane içme suyu arıtma tesisinin ham su girişinden 26 Mayıs–30 Temmuz 1997 tarihleri arasında alınan 9 adet numunede Giardia kistleri araştırılmıştır. Bunun yanında, surrogate parametreler olan pH, bulanıklık, alkalinite, Toplam Koli ve TOK parametrelerinin ölçümleri de gerçekleştirilmiştir. Deneyler İTÜ Çevre Mühendisliği Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de su kaynaklarında Giardia kistlerinin araştırılmasına bir başlangıç temin etmektir.

4.2 ARITMA TESİSİNİN TANITILMASI

KAĞITHANE TASFİYE TESİSLERİ

Kağıthane Arıtma Tesisleri 4 ana gruba ayrılmaktadır.

- 1) Prebati Filtreler
- 2) Bati Filtreler
- 3) Yıldırım Beyazıt Han Tesis
- 4) Çelebi Mehmet Han Tasfiye Tesis

4.2.1 Prebati Filtreler:

Terkos gölünden gelen galeri hattı ile beslenen prebati filtreler 1926 yılında devreye alınmıştır. 30.000 m³/gün'lük debi kapasitesiyle yaklaşık 4227 m²'lik süzme alanına sahiptir.

Galeriden gelen ham sular, 80 cm yüksekliğinde ve 0,2-0,5 mm çapındaki kum sütunundan geçtikten sonra klorlanarak şehre verilmektedir.

Sellektör adı verilen bir alet ile yüzeyinden yıkanması yapılan filtrelerin çok eski olması nedeniyle revizyonu için gerekli işlemler başlatılmıştır.

4.2.2 Bati Filtreler

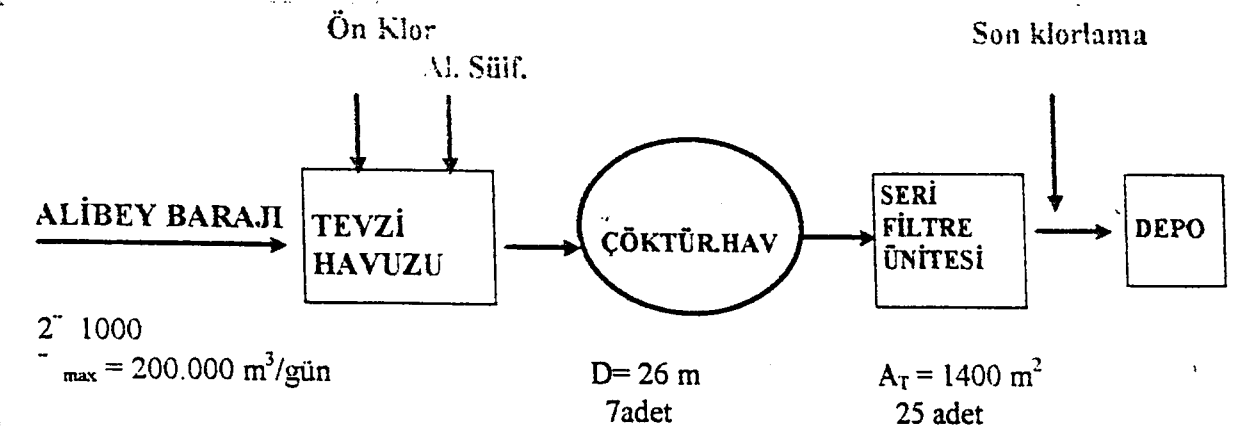
Terkos galerisinden gelen Ø1000'lik hat ile beslenen bati filtreler, 70.000 m³/gün'lük kapasitesiyle 8866 m²'lik süzme alanına sahiptir.

Ø1000'lik hattan gelen ham sular, ozonlandıktan sonra 80 cm yüksekliğinde ve 0,2-0,5 mm çapındaki filtre malzemesinden geçtikten sonra klorlanarak şehre verilmektedir.

Yıkanması sellektörle yapılan filtrelerin, malzemenin eski olması nedeniyle revizyonu düşünülmektedir.

4.2.3.Yıldırım Bayezid Han Tasfiye Tesisi

Alibey barajından gelen Ø1000'lik hatla beslenen tesisin kapasitesi 200.000 m³/gün'dür.

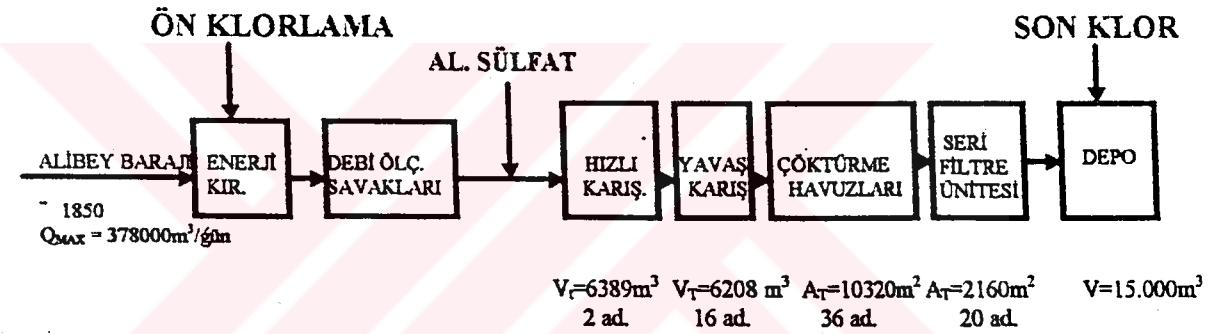


Şekil 4.1 Yıldırım Bayezid Han Tasfiye Tesisi

Alibey barajından gelen sular, tevzi havuzunda ön klorlama ve Alüminyum sülfat dozajı yapıldıktan sonra 26 m çapındaki 7 adet dekantöre dağılır. Dekantörlerin orta kısımlarında koagülasyon ve flokülasyon işlemi gerçekleştirildikten sonra, dekantörün çevresinde bulunan ve yüzey alanını arttırıcı plakalarla donatılan çamur çökeltme bölgelerinde çamur çöktürüldükten sonra yüzeydeki duru su, boyutları 14x4 m², filtre malzemesi 0,8-1,25 mm çapındaki 25 adet filtreden geçtikten sonra son klorlama yapılarak şebekeye verilmek üzere depoya iletilir.

4.2.4 Çelebi Mehmet Han Tasfiye Tesisi

Alibey barajından gelen Ø1850'lik bir hatla beslenen tesis 378.000 m³/gün'lük kapasitesiyle 1979 yılında devreye alınmıştır.



Ön klorlama yapılan suların içerisinde bulunan ve çökelmeye elverişli olmayan flokların kolay çökmesini sağlamak için Alüminyum sülfat dozlaması yapıldıktan sonra su, homojen karıştırmayı sağlayan 2 adet hızlı karıştırma ünitesine gelir. Koagülasyon adı verilen hızlı karıştırma ünitesinden geçen sular, flokların birbiriyle çarpışarak büyümesini sağlayan ve flokülasyon adı verilen ve sayıları 16 adet olan yavaş karıştırma ünitesine gelir. Çökelmeye elverişli hale gelen floklu sular çökeltmek üzere yatay akışlı dikdörtgen çöktürme havuzlarına alınır. Bu bölgede flokların büyük bir kısmı çöktürülürken, çökelemeyen floklar yüzeydeki duru su ile birlikte 1 m yüksekliğinde ve 0,8-1,25 mm çapında kum ihtiva eden seri filtre ünitesinden geçirilir. Seri filtre ünitesinden geçen sular klorlandıktan sonra şebekeye verilmek üzere temiz su deposuna iletilir.

Yıkınması hava destekli geri yıkama suyuyla sağlanan filtrelerin süzme hızı 6 m³/m²/saat'dir.

4.3 ÖLÇÜM METODLARI

Surrogate parametreler ve Giardia kistlerinin ölçüm metodları aşağıda belirtilmiştir.

4.3.1 Surrogate Parametreler

Bu parametreler, Ø1000'lik ham su borusuna bağlı bir musluktan alınan tekil numunelerde ölçülmüşlerdir.

4.3.1.1. pH ve Bulanıklık

Bu parametreler, otomatik ölçüm cihazları yardımıyla ölçülmüştür.

4.3.1.2. Alkalinite

Alkalinite ölçümü, Standard Methods (1989)'da verilen "titrasyon metodu" ile gerçekleştirilmiştir.

4.3.1.3. Toplam Organik Karbon (TOK)

TOK ölçümü, otomatik ölçüm cihazı yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

4.3.1.4. Toplam Koliform

Bu parametrelerin ölçümü Standard Methods (1989)'da verilen "membran filtre yöntemi" ile yapılmıştır.

4.3.2 Giardia Kistleri

Bu kistlerin incelenmesinde, Standard Methods (1989)'da verilen metod kullanılmıştır. Bu metodun adımları aşağıda belirtilmiştir. Bu adımlar Şekil 4.3'te akım şeması halinde özetlenmiştir.

4.3.2.1. Numune Alma

Numuneler, Terkos Gölü'nden gelen ham suyu taşıyan 1000 mm'lik giriş borusundan özel bir tertibat ile alınmıştır. Bu tertibatta, 1 adet pompa, 1 adet basınç ölçer, 1 adet debi ölçer, 1 adet su sayacı ve debi ayar vanaları ile birlikte kartuş filtrenin yerleştirildiği özel yuvası bulunmaktadır. Bu düzeneğe ait fotoğraflar Şekil 4.4'te sunulmuştur. Numune hacmi araştırmacının amacına bağlı olmakla beraber, önerilen minimum numune hacmi 380 l'dir. Numune alma esnasında hat basıncı 100 ila 130 kPa ve su debisi 1 ila 4 l/dakika olarak ayarlanmalıdır.

Kartuş filtre yuvasına yerleştirildikten sonra vana açılır ve pompa çalıştırılır. Debi ayarlandıktan sonra zaman ve sayaç işareti kaydedilir. Yaklaşık 400 l su filtre edildikten sonra, pompa ve vana kapatılır, zaman ve sayaç işareti kaydedilir. Daha sonra, filtre yuvası açılır, aseptik şartlar sağlanarak kartuş çıkartılır ve etiketlenmiş plastik bir torbaya yerleştirilir. Bu torba, ağzı kapatılarak ikinci bir torbaya konulur ve laboratuvara ulaştırılır. Numunenin 48 saat içinde işlenmesi gerekmektedir. Taşıma ve saklama sürelerini minimuma indirmek elzemdir.

4.3.2.2. Numunenin İşlenmesi

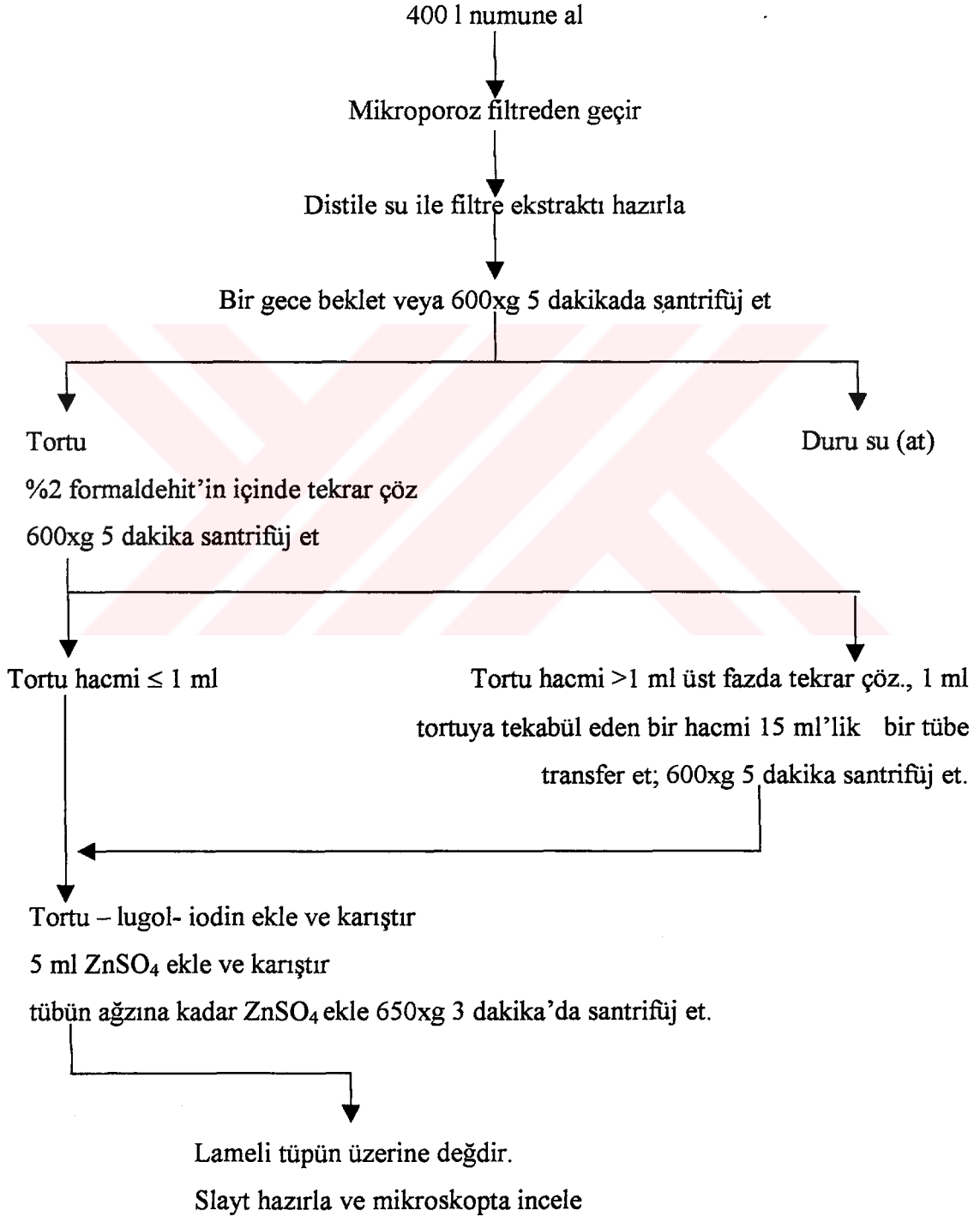
Numunenin işlenmesinde aşağıdaki sıra takip edilmiştir:

1. Ekstraksiyon
2. Ekstraktın yoğunlaştırılması
3. Mikroskopik inceleme
4. Sonuçların rapor edilmesi

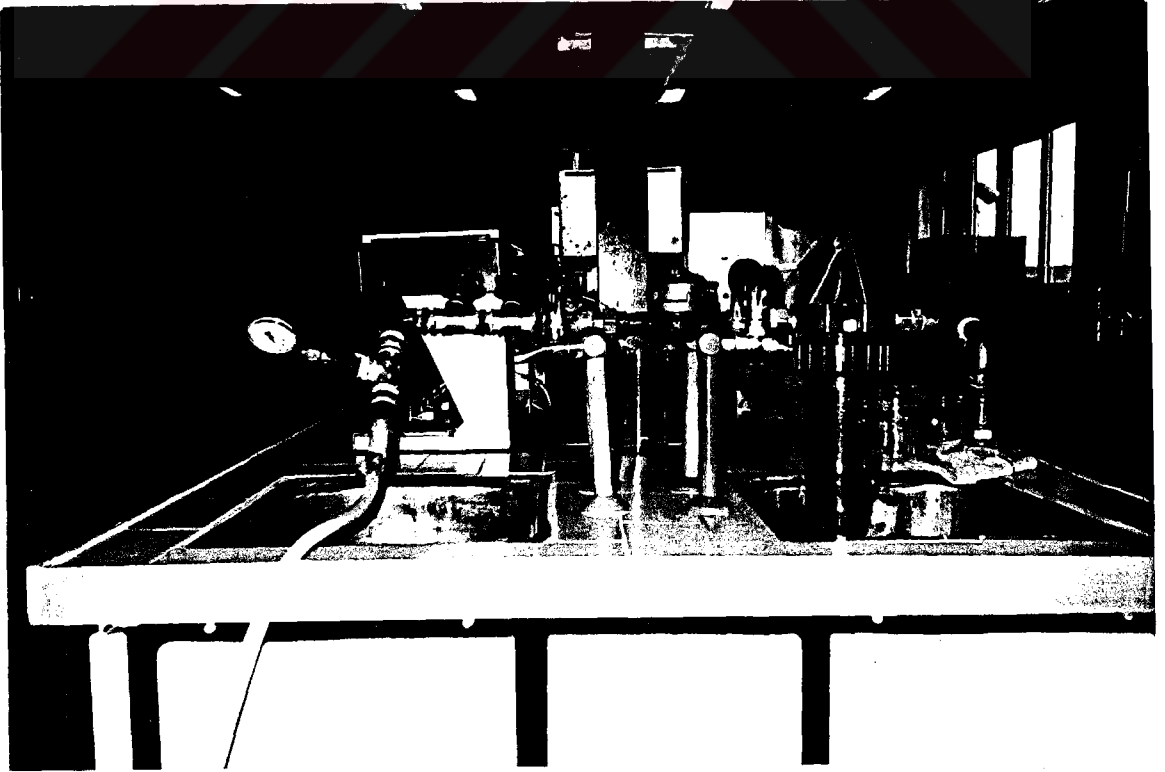
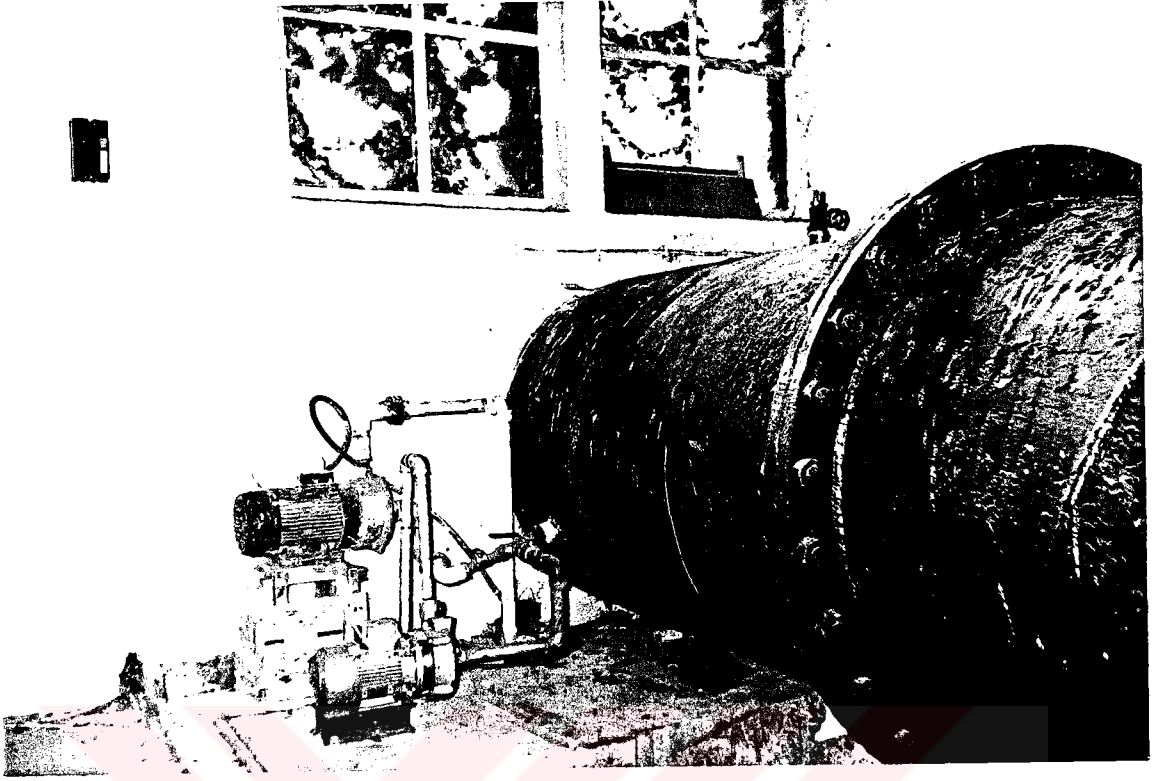
Ekstraksiyon

Numuneler aseptik şartlarda işlenmelidir. Bir neşter kullanılarak, kartuş filtrenin tüm boyunca bir kesme yapmak sureti ile filtre lifleri destek göbeğinden ayrılır. Lifler, 2 veya daha fazla eşit parçaya ayrılır. Her bir parça distile su ile, yaklaşık olarak 10 dakika oğularak ve çalkalanarak yıkanır. Eğer fiber keçe bol miktarda partiküler madde tutmuş ise, parçalar üzerindeki ekstraksiyon prosesi fiber temiz görüne kadar tekrarlanır. Akışkan, lif parçalarından tamamen ayrılır ve biraraya toplanır.

Eğer bu noktada prosese devam etmek mümkün değil ise, ekstrakt, son bir %2 (V/V) formaldehit konsantrasyonu elde etmek için yeterli hacimde %37'lik (V/V) formaldehit ilave etmek sureti ile korunur. Korunmuş ekstrakt, yoğunlaştırma işlemine kadar buzdolabında saklanır.



Şekil 4.3 Giardia Analiz Metodu Akım Şeması



Şekil 4.4. Numune Alma Tertibatı

Ekstraktın Yoğunlaştırılması

Filtre ekstraktı, bir gece buzdolabında bırakılarak veya 600xg'de 5 dakika santrifüj edilerek yoğunlaştırılır. Duru su emilir veya buharlaştırılır. Kalan tanecikler, eşit hacimde % 2'lik formaldehit içinde tekrar çözülür. Eğer az miktarda sediment kalırsa, sedimentler 10 ml % 2'lik formaldehit içinde çözülür. Bu süspansiyon 600xg hızda 5 dakika tekrar santrifüj edilir. Santrifüjden sonra kalan sediment hacmi ≤ 1 ml ise, bütün duru su kurutularak veya emilerek işleme devam edilir. Eğer sediment hacmi > 1 ml ise, sediment üst faz içinde tekrar çözülür, 1 ml sedimente eşit süspansiyon hacmi 15 ml'lik bir tüpe transfer edilir ve tekrar 600xg hızda 5 dakika santrifüj edilir. Üst faz buharlaştırılır ve uzaklaştırılır.

Kalan sedimente 2 ila 3 damla Lugol iyodin ilave edilir ve karıştırılır. 5 ml $ZnSO_4$ çözeltisi ilave edilir ve girdap karıştırıcı ile karıştırılır. Taşmamasına özen gösterilerek ilave $ZnSO_4$ çözeltisi ile tüp doldurulur ve 650xg hızda 3 dakika santrifüj edilir. Temiz, yağsız, No.1 22x22 mm'lik lamel tüpün üzerine kapatılır ve 2-3 dakika hareketsiz bırakılır. Daha sonra lamel kenarlarından tutularak bir lam üzerine kapatılır ve balmumu ile mühürlenir.

Mikroskopik İnceleme

Hazırlanan preparat, parlak alanlı bir mikroskopta 40x büyütme altında incelenir. Giardiayı, mayalarla, diatomlarla, coccidia ve diğer organizmalar ile karıştırmamak için dikkatli olunmalıdır. Giardia'nın pozitif tanımlanması, doğru boyut ve şeklin yapılarının gözlenmesini ve en az iki iç morfolojik karakteristiğe (çekirdekler, median bodies, axonemes vb.) sahip olunmasını gerektirir. Bir numunenin Giardia açısından negatif olduğunu bildirmeden önce tüm numuneden elde edilen sediment incelenmelidir.

Sonuçların Rapor Edilmesi

Giardia kistlerinin boyutları rapor edilir (8 μm 'den büyük ve 19 μm 'den küçük gibi). Ek olarak, gözlenen iç morfolojik öğeler rapor edilir.

4.4 YAPILAN DENEYLER SONUCUNDA ELDE EDİLEN VERİLER

Arıtma tesisi girişindeki ham sudan alınan 9 adet numunenin analizi sonucunda Tablo 4.1'deki veriler elde edilmiştir. Bu verilere göre deneyler süresince ham suda ortalama pH: 7,66 (aralık: 7,2 - 7,99) olmuştur. Aynı şekilde ortalama bulanıklık 5,45 NTU (aralık: 3,5 – 10 NTU) olarak gerçekleşmiştir. Yüksek değerlerdeki bulanıklıklar yağmurlu havalardan sonra alınan numunelerde tesbit edilmiştir. Alkalinitenin ortalama değeri 106,4 mg/l CaCO_3 (aralık: 103-117,5 mg/l CaCO_3) olarak gerçekleşirken, Toplam Koliform sayısının ortalaması 12,25 adet/100 ml (aralık: 2-28 adet / 100 ml) olmuştur. Son olarak, TOK'un ortalama değeri 11,65 ppm (aralık: 7,25 – 19,34 ppm) olarak bulunmuştur.

İncelenen numunelerde Giardia kistleri tesbit edilememiştir. Fakat, sayfa 15'de verilen ilişkiler kullanılarak, surrogate parametreden (bulanıklık) Giardia kist yoğunlukları tahmin edilmiştir. Tahmin edilen bu değerler de Tablo 4.1'de sunulmuştur. Buna göre, Giardia konsantrasyonunun tahmin edilen ortalaması 2,7 kist/l ve aralığı 1,7 – 5 kist/l olmuştur.

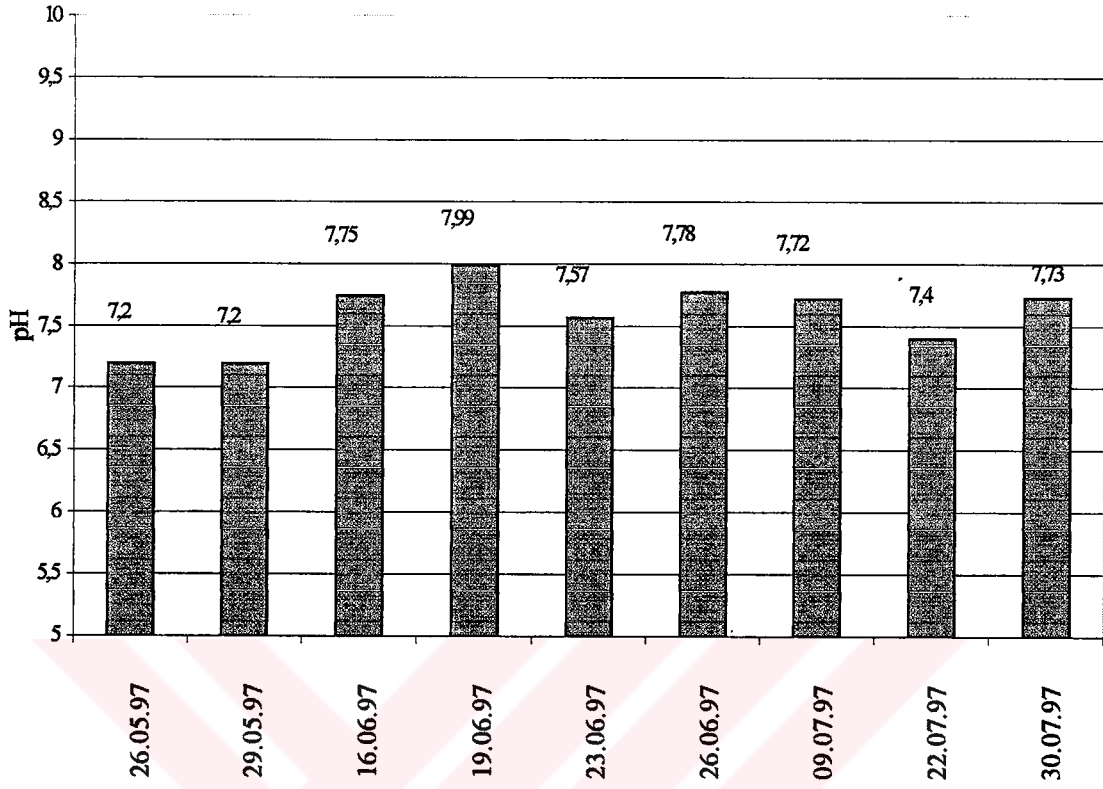
Bu parametrelerin incelenen numunelerdeki değişimi, Şekil 4.5 ila Şekil 4.10 arasında gösterilmiştir.

Tablo 4.1 Analizler sonucunda elde edilen veriler

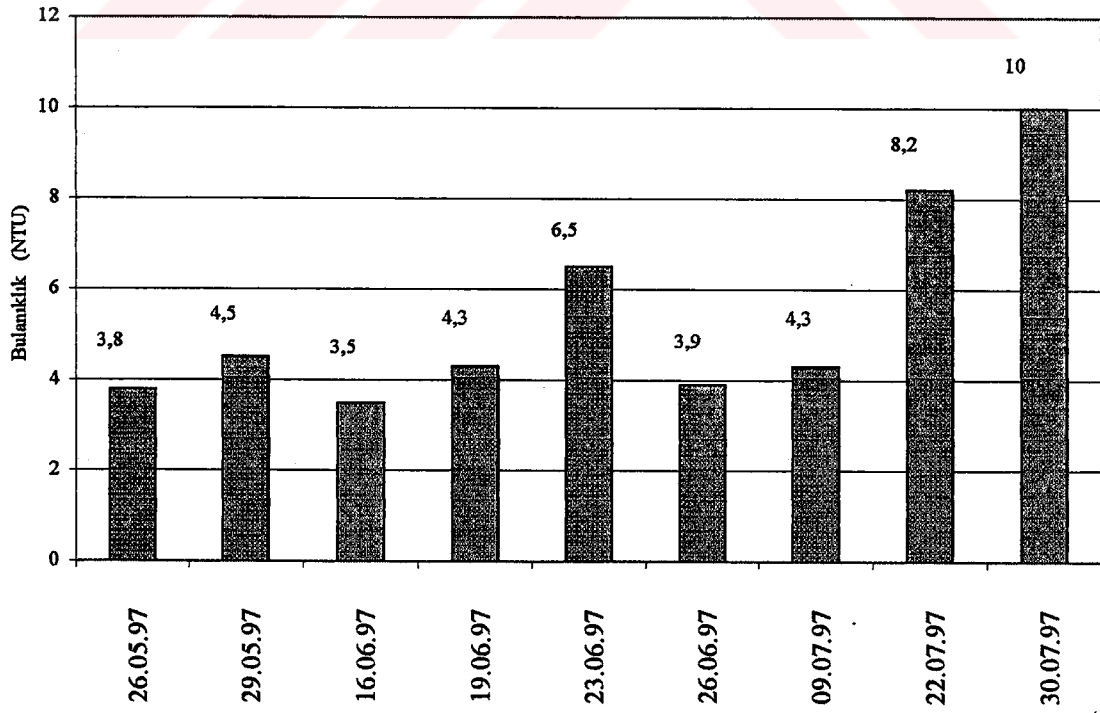
İncelenen numuneler										
Parametre	Birim	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		26.05.97	29.05.97	16.06.97	19.06.97	23.06.97	26.06.97	9.07.97	22.07.97	30.07.97
pH	-	7.20	7.75	7.99	7.57	7.78	7.78	7.72	7.4	7.73
Bulanıklık	NTU	3.8	4.5	3.5	4.3	6.5	3.9	4.3	8.2	10
Alkalinite	mg/l CaCO ₃	117.5	105	103.5	107.5	103	108.5	107.5	105	100
Toplam Koli	adet/100 ml	-	2	10	2	4	26	28	16	10
Toplam Organik Karbon	ppm	12.125	8.125	7.75	8.25	7.25	17.34	19.34	8.67	16
Giardia Kist*	kist/l	1,8	2,2	1,7	2	3,2	1,9	2	4	5

* Sayfa 15 Şekil 3.3'deki ilişki kullanılarak tahmin edilen

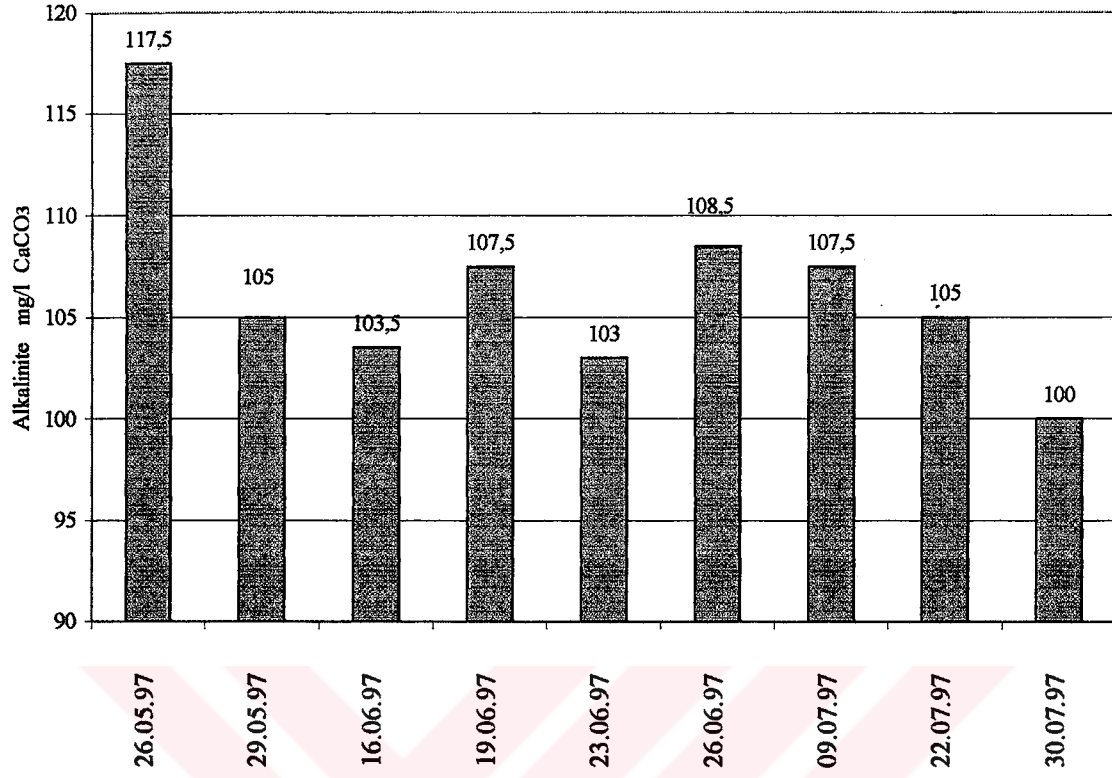
Şekil 4.5 İncelenen numunelerde pH değişimi



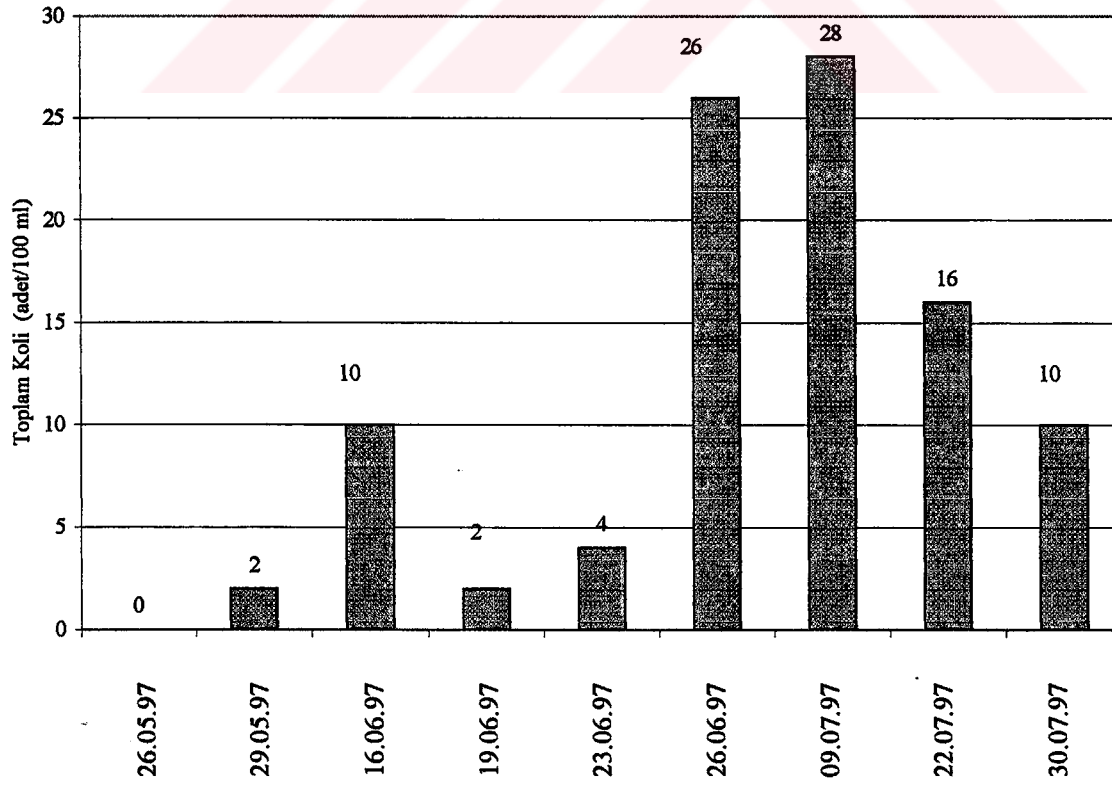
Şekil 4.6 İncelenen numunelerde Bulanıklık değişimi



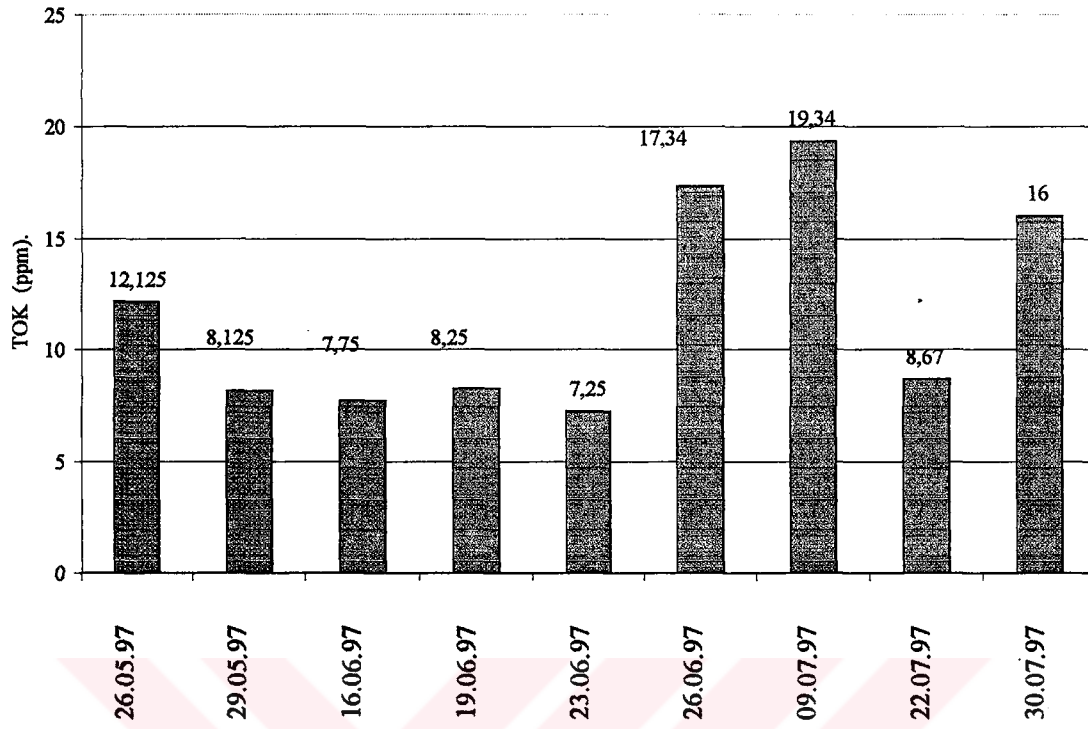
Şekil 4.7 İncelenen numunelerde Alkalinite değişimi



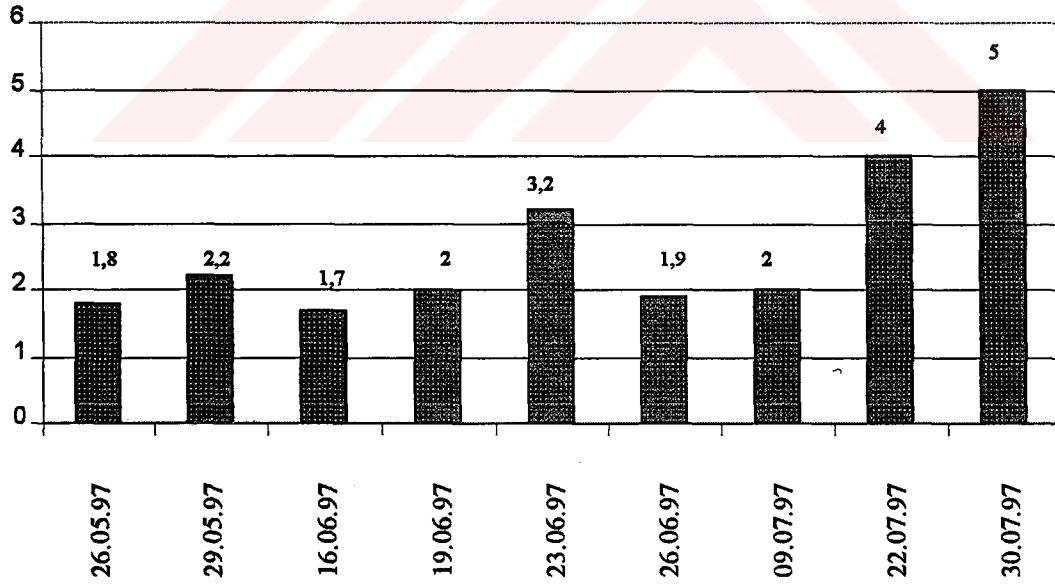
Şekil 4.8 İncelenen numunelerde Toplam Koli değişimi



Şekil 4.9 İncelenen numunelerde TOK değişimi



Şekil 4.10. İncelenen Numunelerde Giardia Kist Yoğunluklarının Değişimi



BÖLÜM V

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Terkos Gölü'nden gelen ham sudan alınan 9 adet numunenin analizi sonucunda Giardia kistleri bulunamamıştır. Fakat bu sonuç, ham suyun bu kistler açısından tamamen temiz olduğu anlamına gelmez. Böylesine spesifik bir çalışmanın yıl boyunca devam ettirilmesi gerekir. Çünkü, mevsimsel değişimler Giardia kistlerinin konsantrasyonlarını oldukça etkilemektedir. Aynı zamanda, analiz metodunun iyiliği de önemlidir.

Bu çalışmada kullanılan metod yorucu ve zaman alıcı olmakla birlikte diğer metodlar arasında en basitidir. Ayrıca, ülkemizde böyle bir çalışmaya referans olabilecek bir çalışma daha önce gerçekleştirilmemiştir.

Giardiasis gibi tehlikeli bir hastalığa sebep olan ve pek çok ülkede içme suyu standartlarına girmiş bulunan bu kistler hakkında Türkiye'de daha önce böyle bir çalışma yapılmamış olması büyük bir eksikliktir. Türkiye'deki bütün içme suyu kaynaklarında bu kistlerin araştırılması çalışmalarına başlanmalıdır. Giardia kistleri ile birlikte surrogate parametreler (bulanıklık, toplam koliform vb.) de ölçülüp her bir kaynak için modeller oluşturulmalıdır. Aynı zamanda bu kistler, içme suyu arıtma tesislerinde ve bu tesislerin çıkış sularında ölçülüp, arıtmanın yeterli olup olmadığı belirlenmelidir. Eğer arıtma yetersiz ise tesislerde iyileştirmeler yapmak gerekir.

KAYNAKÇA

ABBASZADAGAN M, GERBA C.P. and ROSE J.B. (1991), "Detention of Giardia Cysts with a cDNA Probe and Applications to Water Samples", Applied and Environmental Microbiology, Vol.57, No.4, pp.927-931

AWWA (1990, 4th edition), Water Quality and Treatment – A Handbook of Community Water Supplies, Mc Graw-Hill, Inc. pp.74-75

CASSON W. LEONARD, SORBER CHARLES A., SYKORA JAN L., GAVAGHAN PATRICK D., SHAPIRO MAURICE A., JAKUBOWSKI WALTER (July/August 1990). "Giardia in Wastewater – Effect of Treatment", Research Journal WPCF, Vol.62, No.5, pp.670-675

CRAUN GUNTHER F. (1991), "Causes of Waterborne Outbreaks in the U.S.", Water Science Technology, Vol.24, No.2, pp.17-20

ERLANDSEN STANLEY L., and MEYER ERNEST A.(1984), Giardia and Giardiasis, Biology, Pathogenesis and Epidemiology, Plenum Press, New York and London.

EROĞLU V. (1990), Su Tasfiyesi, İTÜ Yayınları, s.2-3

GASSMANN L., and SCHWARTZBROD J. (1991), "Wastewater and Giardia Cysts.", Water Science Technology, Vol.24, No.2, pp.183-186

HAAS CHARLES N., and HELLER BARBARA (1990), "Kinetics of Inactivation of Giardia Lamblia by Free Chlorine", Water Research, Vol.24, No.2, pp.233-238

Le CHEVALLIER MARK W., NORTON WILLIAM D., and LEE RAMON G.(September1991), "Occurrence of Giardia and Cryptosporidium spp. in Surface Water Supplies", Applied and Environmental Microbiology, Vol. 57, No.9, pp.2610-2616

Le CHEVALLIER MARK W., NORTON WILLIAM D., and LEE RAMON G.(September1991), "Giardia and Cryptosporidium in Filtered Drinking Water Supplies", Applied and Environmental Microbiology, Vol. 57, No.9, pp.2617-2621

Le CHEVALLIER MARK W., NORTON WILLIAM D. (September 1995), "Giardia and Cryptosporidium in Raw and Finished Water", Journal AWWA, Vol.87, No.9, pp.54-68

NIEMINSKI EVA C., ONGERTH JERRY E. (September 1995), "Removing Giardia and Cryptosporidium by Conventional Treatment and Direct Filtration", Journal AWWA, Vol.87, No.9, pp.96-106

Standart Methods for the Examination of Water and Waste Water (1989, 17th edition) APHA, AWWA and WPCF, Washington DC.

WICKRAMANAYAKE G.B., RUBIN ALAN J., And SPROUL OTIS J. (August 1985), "Effects of Ozone and Storage Temperature on Giardia Cysts", Journal AWWA, pp. 74-77



ÖZGEÇMİŞ

1972 yılında Edirne’de doğdu. Lise öğrenimini Edirne Teknik Lisesinde tamamladıktan sonra, 1990 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünü kazandı. 1994 yılında Çevre Mühendisi ünvanını aldı. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Halen bu bölümde öğrenimini devam ettirmektedir.

İLKER ALP
İstanbul, 1997

