

Yüzey suyu ve sulama amaçlı atık sularda fekal kirlilik düzeyleri ile helmint yumurta ve protozoa kistlerinin araştırılması *

Investigation of fecal pollution level, helminthes eggs and protozoa cysts in surface water and waste water used for irrigation

Umut BERBEROĞLU¹,Çiğdem GÜNGÖR²

ÖZET

Amaç: Yüzey suyu ve sulama amaçlı kullanılan atık suyu örneklerinde helmint yumurta ve protozoa kist ve oo kistlerinin Modifiye Bailenger Yöntemi kullanılarak saptanması ve fekal kirlilik düzeylerinin göstergesi olarak toplam koliform bakteri, *Escherichia coli* ve intestinal enterokok belirlenmesidir.

Yöntem: Ankara’da sulama suyu temini için kullanılan iki atık su arıtım tesisinin giriş ve çıkış suyundan (A-B Tesisi), içme-kullanma suyu temini için kullanılan bir yüzey suyu arıtım tesisinin (C Tesisi) giriş ve çıkış suyundan ve bir gölün (D noktaları) üç farklı noktasından toplam dokuz su örneği alınmıştır. Helmint yumurtalarının tespit ve sayımı için Modifiye Bailenger Yöntemi kullanılmıştır. Protozoon etkenlerin tespiti için ise Modifiye Kinyoun asit fast boyama, trikrom boyama ve Giemsa boyama teknikleri, Modifiye Bailenger Yönteminde elde edilen son ürün kullanılarak uygulanmıştır. Toplam koliform bakteri ve *E. coli* TS EN ISO 9308-1, intestinal enterokok ise TS EN ISO 7899-2 standartlarına göre çalışılmıştır.

Bulgular: A Tesisinin giriş ve çıkış sularında parazitolojik açıdan bir etken tespit edilmemiştir.

ABSTRACT

Objective: It is aimed to detect helminth eggs and protozoa (oo) cysts in surface water and waste water samples by using Modified Bailenger method and total coliform bacteria, *Escherichia coli* and intestinal enterococci parameters in order to show fecal pollution level.

Method: In this study, nine water samples were examined. These samples were taken from inlet and outlet of two wastewater treatment plants (A-B Plants), from inlet and outlet of a surface water treatment plant (C Plant) and from three different points of the surface water (D Points) in Ankara. Modified Bailenger method was used in order to detect helminth eggs. Modified kinyoun acid fast stain, Tricrom stain and Giemsa stain were used for detection of protozoa agents by using the end product of Modified Bailenger Method. Total coliform bacteria and *E. coli* were studied according to TS EN ISO 9308-1 while intestinal enterococci were examined according to TS EN ISO 7899-2 standards.

Results: It wasn’t detected in any agent inlet or outlet waters of Plant A from a parasitological aspect.

* Bu çalışma; 18. Ulusal Parazitoloji Kongresi (29 Eylül - 5 Ekim 2013, Denizli)’nde PB095’umlu poster bildirisi olarak sunulmuştur.

¹ Türkiye Halk Sağlığı Kurumu, Tüketici Güvenliği Laboratuvarları Daire Başkanlığı, ANKARA

² Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Parazitoloji Bilim Dalı, ANKARA



İletişim / Corresponding Author : Umut BERBEROĞLU

Türkiye Halk Sağlığı Kurumu, Tüketici Güvenliği Laboratuvarları Daire Başkanlığı, ANKARA

Tel : +90 312 565 52 06

E-posta / E-mail : umutb9@hotmail.com

Geliş Tarihi / Received : 09.10.2013

Kabul Tarihi / Accepted : 09.12.2013

DOI ID : 10.5505/TurkHijyen.2013.88557

Berberoğlu U, Güngör Ç. Yüzey suyu ve sulama amaçlı atık sularda fekal kirlilik düzeyleri ile helmint yumurta ve protozoa kistlerinin araştırılması. Turk Hij Den Biyol Derg, 2013; 70(4): 191-200.

B Tesisinin giriş suyunda *Ascaris lumbricoides* yumurtası 80/L, *Hymenolepis nana* yumurtası 40/L, *Taenia* spp. yumurtası 120/L, *Giardia lamblia* ve *Entamoeba* spp. kisti ise 40/L olarak tespit edilmiştir. B ve C tesislerin çıkış sularında parazit etkeni görülmemiştir. C tesisinin giriş suyunda ise *Ascaris lumbricoides* yumurtası 48/L olarak belirlenmiştir. Yüzeysel suyun alınılan üç farklı su örneğinde de paraziter açısından bir etken bulunmamıştır. Fekal kirlilik tespiti için yapılan çalışmalarda ise A Tesisinin çıkış suyunda herhangi bir kirlilik belirlenmezken, B Tesisinin çıkış suyunda sadece intestinal enterokok 100 kob/100 mL olarak tespit edilmiştir. A Tesisinin giriş suyunda toplam koliform bakteri, *E. coli* ve intestinal enterokok sayıları sırasıyla 1×10^6 kob/100mL, 9×10^5 kob/100mL ve $1,6 \times 10^5$ kob/100mL, B tesisi ise 5×10^5 kob/100 mL, 5×10^5 kob/10mL ve 1×10^7 kob/100mL bulunmuştur. C Tesisi çıkış suyunda fekal kirlilik bulunmamasına rağmen giriş suyunda toplam koliform bakteri, *E. coli* ve intestinal enterokoklar sırasıyla 20 kob/100mL, 10 kob/100mL ve 0 kob/100mL tespit edilmiştir. D noktalarından yapılan incelemelerde birinci ve üçüncü noktalarda sadece toplam koliform bakteri sırasıyla 300 kob/100mL ve 4 kob/100mL bulunmuştur. Bunun yanında, ikinci noktada sadece intestinal enterokok 6 kob/100 mL olarak belirlenmiştir.

Sonuç: Artırım tesislerinden elde edilen suyun, çalışılan tüm parametreler açısından ilgili mevzuata uygun olduğu bulunmuştur. Modifiye Bailenger Yönteminin özellikle ham atık sularda helmint yumurtalarının tespit ve sayımı için uygulanabilir olduğu görülmüştür. Ancak bu Yöntemin protozoa (oo) kistlerini tespit etme kapasitesini arttırmak için ek boyama yöntemlerinin ilave edilebileceği görülmüştür. Ayrıca atık suyun tekrar kullanılması amacıyla gerçekleştirilecek doğru ve güvenilir yönetsel yaklaşımların oluşturulmasında, parazit etkenler ile birlikte fekal kirlilik düzeyleri arasındaki ilişkinin gösterilmesi önem kazanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Su kirliliği, sulama, atık su, helmint, protozoa, yumurta, kist

In the inlet water of Plant B, *Ascaris lumbricoides* eggs, *Hymenolepis nana* eggs, *Taenia* spp eggs, *Giardia lamblia* and *Entamoeba* spp. cysts were detected 80/L, 40/L, 120/L, 40/L and 40/L respectively. But, any parasite agent wasn't detected in the outlet water of Plant B. While it wasn't detected in the agent outlet water of Plant C from parasitological aspect; it is determined there are 48/L *Ascaris lumbricoides* eggs in the inlet water of Plant C. No parasite agent was detected in the surface water samples taken from three different points. In the investigations conducted for determination of fecal pollution, whilst in the outlet water of Plant A it wasn't detected; in the outlet water of plant B, only intestinal enterococci 100 cfu/100mL was found. Whereas, total coliform bacteria, *E. coli* and intestinal enterococci numbers were 1×10^6 cfu /100mL, 9×10^5 cfu /100mL and 1.6×10^5 cfu /100mL in the inlet water of Plant A; they were found as 5×10^5 cfu/100mL, 5×10^5 cfu /100mL and 1×10^7 cfu/100mL respectively in the inlet water of Plant B. Bacteria was not detected in the outlet water of Plant C although total coliform bacteria, *E. coli* and intestinal enterococci were detected as 20 cfu/100mL, 10 cfu/100mL and 0 cfu/100mL, respectively in Plant C inlet water. In the investigation conducted in D points, it only found only total coliform bacteria as 300 cfu/100mL and 4cfu /100mL at first and third points, respectively. Beside this, only intestinal enterococci are detected as 6 cfu/100mL at second point.

Conclusion: As a result of our study, it was detected that surface water and waste water that are used for irrigation are in accordance with the regulations aspect according to whole parameters that are studied. It is found that Modified Bailenger method is an applicable method for detection of helminth eggs especially in raw waste water. Besides this, in order to increase the capacity of Modified Bailenger method in the detection of protozoa (oo) cytes, additional staining methods can be added at the end of the method. Moreover, for constitute accurate and reliable administrative approaches in the reuse of waste water, it is important to show the relationship between parasite agents and fecal pollution level.

Key Words: Water pollution, irrigation, waste water, helminth, protozoa, egg, cyst

GİRİŞ

Tüm dünyada yaşanan iklim değişiklikleri nedeniyle kullanılabilir su kaynaklarının azalması yanında, su kaynaklarının bilinçsiz ve sorumsuz bir şekilde tüketilmesi, her alanda kaliteli ve kullanılabilir suya ulaşmayı gittikçe zorlaştırmaktadır. Suyun tekrar kullanılabilirliği tüm dünyada giderek yaygınlaşmaktadır. Bu alanda en önemli uygulamalardan bir tanesi, tarımsal sulamada atık suların arıtılarak veya arıtılmadan kullanılmasıdır (1).

Tekrar kullanılacak atık suların çevre ve halk sağlığı açısından bir tehlike oluşturmaması önemli bir kriterdir. Dünya Sağlık Örgütü-DSÖ (World Health Organization-WHO) yürüttüğü çalışmalar sonucunda atık suyla sulama yapılan alanlarda sulama sırasında veya bu alanlardan alınan ürünlerin tüketilmesiyle intestinal nematod hastalıkların (*Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Ancylostoma duodenale* ve *Necator americanus*) bulaş risklerini ortaya koymuştur. Bulaşlı ürünlerin tüketilmesine bağlı fekal bakteriyel hastalıklar da görülmektedir. Dikkat edilmesi gereken protozoon etkenlerin başında da *Cryptosporidium* spp. ve *Giardia lamblia* gelmektedir.

DSÖ tarafından tarımsal sulamada kullanılacak işlenmiş atık suyun sahip olması gereken mikrobiyolojik kriterler belirlenmiştir. Buna rağmen atık sularda paraziter kirliliğin belirlenmesinde, kullanılan yöntemlerin uygulama süresinin uzunluğu ve zorluğu yanında eğitimli personel azlığı nedeniyle bu çalışmalar yeterli düzeyde yapılamamaktadır (2). Bu alanda parazit yumurta ve kistleri için Modifiye Bailenger Yöntemi (2), *Cryptosporidium* oo kist ve *Giardia* kistlerinin tespit ve sayımı ise EPA 1623 (3) veya ISO 15553 (4) standartları günümüzde kullanılan uluslararası yöntemlerdir.

Türkiye’de arıtılmış atık suların dezenfeksiyonu, yeniden kullanımı ve derin deniz deşarjı ile ilgili kriterler “Atıksu Arıtım Tesisleri Teknik Usuller Tebliği” ile belirlenmiştir (5). İlgili Tebliğ’de atık

suyun gerekli arıtım işlemlerinden geçirilerek içme suyu olarak kullanılabilmesinin ifade edilmesi dikkat çekmektedir.

Atık suyun doğrudan veya yüzey suyuna deşarj edildikten sonra yeniden kullanılmasından önce patojen bakteri, virüs ve parazitlerden arındırılmış olması; fekal kirliliğe ait gösterge parametrelerin de belli bir düzeyin altında tutulması önemli bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımla, çevre ve halk sağlığı açısından olumsuz bir durumla karşılaşılmasının önüne geçilebileceği vurgulanmaktadır (6).

Türkiye’de atık suyun tekrar kullanım alanlarının sınırlı olması nedeniyle klinik ve çevresel örneklerde parazit etkeni belirlemeye yönelik çalışmaların sınırlı düzeyde kalmaktadır.

Çalışmamızda; yüzey suyu ve sulama amaçlı kullanılan atıksu örneklerinde helmint yumurta ve protozoa (oo) kistlerinin Modifiye Bailenger Yöntemi kullanılarak saptanması yanında bu suların fekal kirlilik düzeylerinin göstergesi olarak toplam koliform bakteri, *Escherichia coli* ve intestinal enterokok tespit ve sayımı amaçlanmıştır.

GEREÇ

Çalışmamız; 1-31 Mayıs 2009 tarihleri arasında Ankara’da toplanan toplam dokuz su örneği, Ankara Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Parazitoloji Bilim Dalı Laboratuvarlarında bakteriyolojik ve parazitolojik yönden incelemeye alınmıştır.

Su Örneklerinin Toplanması: Bahçe sulamasında kullanılmak üzere işletilen özel bir şirkete ait atık su arıtım tesisinin (A Tesisi), bir üniversiteye ait atık su arıtım tesisinin (B Tesisi) yüzey suyundan içme-kullanma suyu elde etmek için kullanılan kamu kurumuna ait bir yüzey suyu arıtım tesisinin (C Tesisi) giriş ve çıkış sularından birer ve bir gölün (D noktaları) üç farklı noktasından birer adet olmak üzere dokuz örnek temiz bidonlarda toplanmıştır. A ve B Tesisinden alınan örneklerin

bulanıklığı fazla olduğu için üçer litre, C Tesisi ve D noktalarından ise beşer litre örnek toplanarak incelemeye alınmıştır. Ayrıca fekal kirlilik düzeyini tespit etmek için her noktadan, toplam koliform bakteri, *E. coli* ve intestinal enterokok analizleri için steril 500 mL'lik şişelere su örnekleri alınmıştır. Örnekler parazitolojik inceleme için oda sıcaklığında bekletilerek 24 saat içerisinde analize alınmıştır. Bakteriyojik inceleme için örnekler soğuk zincirde muhafaza edilerek 24 saat içerisinde incelemeye başlanmıştır.

YÖNTEM

Parazitolojik inceleme: Helminth yumurtalarının tespit ve sayımı için DSÖ tarafından önerilen Modifiye Bailenger Yöntemi kullanılmıştır (2). Buna göre alınan atık su/yüzey suyu örnekleri yaklaşık 24 saat süreyle oda sıcaklığında çökmeye bırakılmıştır. Yüzeydeki duru suyun yaklaşık %90'ı sifonlama ile boşaltılmış; dipte kalan çökelti, bir veya birden fazla santrifüj tüpüne konularak 1000xg'de 15 dakika santrifüj (Herolab) edilmiştir. Birden fazla santrifüj tüpü kullanıldıktan sonra çökeltiler tek tüpte toplanmış ve tekrar 1000xg'de 15 dak santrifüj edilmiştir. Her aşamada çökeltiler tüplere aktarılırken ilk şişe veya tüplerin iç kısmı yıkama sıvısı (%0,1 Tween 80) ile hafifçe yıkanıp tekrar tüplere aktarılmıştır. Son tüpün üst sıvı kısmı atıldıktan sonra altta kalan çökelti kısım, 1:1 asetoasetik tampon çözeltisi (pH 4,5) ile çalkalandıktan sonra 1:2 etil asetat eklenerek yeniden karıştırılmış ve 1000xg'de 15 dak santrifüj edilmiştir. Bu işlemler sonrasında üç faza ayrılan çözeltinin üst ve orta fazları atılmış, konsantrasyon hesaplamalarında kullanılmak üzere dipte kalan katı çökeltinin hacmi ölçülmüştür. Ardından tüpe, çökeltinin beş katı miktarda doymuş tuz çözeltisi eklenmiş ve son ürün olarak miktar kaydedilmiştir. Çözelti dikkatli şekilde karıştırıldıktan sonra bir miktar örnek binoküler mikroskopta (Nikon) incelemeye alınmış ve litredeki yumurta/kist sayısı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$N = \frac{AxX}{PxV}$$

N: Litredeki yumurta sayısı

A: Lamda sayılan yumurta sayısı

X: Son ürünün miktarı (mL)

P: Lama konulan miktar (mL)

V: Orijinal numunenin miktarı (L)

Helminth yumurtalarının ve protozoon etkenlerin, özellikle *Cryptosporidium* spp. ookisti ve *G. lamblia* kisti için tespit şansını arttırmak amacıyla Modifiye Bailenger Yöntemi sonucunda elde edilen son ürüne, farklı boyama teknikleri uygulanmıştır. Kullanılan boyama teknikleri ve işlem basamakları aşağıda verilmiştir.

- **Modifiye Kinyoun asit fast boyama:**

Bir miktar örnek lamda kurutulduktan sonra bir dakika boyunca metanol (Merck) içinde tespit edilmiş daha sonra Kinyoun karbol fuksin boyasında beş dakika boyanmıştır. %50 etanolde (Merck) beş saniye tutulduktan sonra su ile durulanmış ve %1'lik sülfürik asit (Merck) içinde iki dakika bekletilmiştir. Son aşama olarak metilen mavisi içinde bir dakika bekletilmiş su ile durulandıktan sonra kurumaya bırakılmış ve mikroskopta incelenmiştir.

- **Trikrom boyama:**

Örnekten sürüntü yapılan lamalar havada tam kurumadan Schaudinn fiksativi içinde yarım saat bekletilerek tespit edilmiştir. Sırasıyla Dantoni'nin iyot çözeltisi ve %70'lik etanol içinde birer dakika bekletilmişlerdir. Trikröm boyasında 10 dakika bekletilen lam ardından %90 asit-alkol çözeltisinde 10-15 saniye bekletilmiştir. Sırasıyla iki ayrı şalede bulunan saf etanol (>%96) içinde 10 saniye bekletilerek lamalar durulanmıştır. Son aşama olarak ksilen içinde de bir dakika bekletildikten sonra kurumaya bırakılmış ve mikroskopta incelenmiştir.

- **Giemsa boyama:**

Örnekten sürüntü yapılan lamalar havada kuruduktan sonra 10 dakika boyunca saf metanol (Merck) içinde bekletilerek tespit edilmiştir. Tespit sonrası bir saat boyunca Giemsa boyası (Merck) ile muamele

edilmiş ve üç ayrı şaleda bulunan distile suda bırakılarak durulandıktan sonra mikroskopta incelenmiştir.

Bakteriyolojik inceleme: Fekal kirlilik düzeyini tespit için toplam koliform bakteri - *E. coli* TS EN ISO 9308-1 ve intestinal enterokok TS EN ISO 7899-2 standartlarına uygun olarak analiz edilmiştir (7, 8). Toplam koliform bakteri - *E. coli* analizi için 500 mL örnekten 100 mL'si 0,45 µm por çaplı steril membran filtreden (Sartorius) süzülmuş ve filtre Laktoz Tergitol Agar besiyerine (Merck) konulmuştur. Besiyeri 36±1°C'de 48 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrası besiyerinde gelişen şüpheli kolonilerden oksidaz (Merck) ve indol (Merck) testleri ile doğrulama yapılmıştır. İntestinal enterokok analizi için yine 100 mL su 0,45 µm por çaplı membran filtreden (Sartorius) süzülmüş ve filtre Slanetz-Bartley besiyerine (Merck) konulmuştur. Besiyeri 36±1°C'de 48 saat inkübe edilmiş ve besiyerinde gelişen şüpheli koloniler safra eskülin azid agar besiyeri (Merck) kullanılarak doğrulanmıştır.

DSÖ'nün kılavuzunda (2) ve Atıksu Arıtım Tesisleri Teknik Usuller Tebliği'nde (5) fekal kirlilik göstergesi olarak fekal koliform bakteri parametresi yer almasına rağmen çalışmamızda; *E. coli*, fekal koliform bakteri olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR

Çalışmamızda; A Tesisinin giriş ve çıkış suları ile B Tesisinin çıkış suyunda parazit etken tespit edilmemiştir. B Tesisinin giriş suyundan Modifiye Bailenger Yöntemi ile elde edilen 6 mL son ürünün 50 µL'sinin direkt incelenmesi ile iki adet *A. lumbricoides* yumurtası ve bir adet *Hymenolepis nana* yumurtası belirlenmiştir. Son ürünün 50 µL'sinde yapılan boyamalardan trikrom boyama sonucunda ilave olarak üç adet *Taenia* spp. yumurtası, bir adet *G. lamblia* kisti ve bir adet *Entamoeba* spp. kisti bulunmuştur. Modifiye Kinyoun asit fast boyama ve Giemsa boyamalarında parazit kist ve yumurtaları görülmemiştir. Elde

edilen veriler yöntemde verilen formüle konulduğunda litredeki yumurta sayıları *Taenia* spp., *A. lumbricoides*, *H. nana* için sırasıyla 120, 80 ve 40 olarak, litredeki kist sayıları *G. lamblia* ve *Entamoeba* spp. için 40 olarak bulunmuştur.

Çalışmamızda; yüzey suyu arıtımı yapan C Tesisinin çıkış suyunda parazit etken tespit edilmemişken, giriş suyundan Modifiye Bailenger Yöntemi ile elde edilen 3,6 mL son ürünün 30 µL'sinin direkt incelenmesiyle bir adet *A. lumbricoides* yumurtası belirlenmiştir. Yapılan diğer boyamalarda herhangi bir etken tespit edilmemiştir. Elde edilen veriler formüle konulduğunda litredeki *A. lumbricoides* yumurta sayısı 48 olarak belirlenmiştir.

Yüzey suyunun (D) üç farklı noktasından alınan su örneklerinde de parazit etken tespit edilmemiştir. Su örneklerinde yapılan parazitolojik yönden inceleme sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Atıksu arıtım tesislerinde fekal kirlilik yönünden yapılan çalışmalarda; A Tesisinin çıkış suyunda toplam koliform bakteri, *E. coli* ve intestinal enterokok tespit edilmemiştir. B Tesisinin çıkış suyunda ise sadece intestinal enterokok 100 kob/100mL bulunmuştur. A ve B Tesisinin giriş sularında ise yüksek oran fekal kirlilik belirlenmiştir. Toplam koliform bakteri, *E. coli* ve intestinal enterokok sayıları sırasıyla A Tesisi için 1x10⁶ kob/100 mL, 9x10⁵ kob/100 mL ve 1,6x10⁵ kob/100 mL, B Tesisi için 5x10⁵ kob/100 mL, 5x10⁵ kob/100 mL ve 1x10⁷ kob/100 mL tespit edilmiştir.

C Tesisi çıkış suyunda incelenen bu bakteriler belirlenmemiştir. Giriş suyunda ise intestinal enterokok tespit edilmemişken, toplam koliform bakteri ve *E. coli* miktarı sırasıyla 20 kob/100 mL, 10 kob/100 mL bulunmuştur.

Yüzey suyunun üç farklı noktasından alınan numuneler için toplam koliform bakteri, *E. coli* ve intestinal enterokok farklı sayılarda bulunmuştur. Birinci ve üçüncü noktada sadece toplam koliform

bakteri sırasıyla 300 kob/100 mL ve 4 kob/100 mL tespit edilmişken, ikinci noktada sadece intestinal enterokok 6 kob/100 mL olarak belirlenmiştir.

Su örneklerinde fekal kirliliğe ait gösterge bakteri düzeyleri ile parazit etken tespit edilmeleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Su örneklerinin parazitolojik inceleme kullanılan yöntemler ve tespit edilen parazit miktarları

Su Örneğinin Alındığı Yer	Farklı İnceleme Yöntemleriyle Tespit Edilen Parazit Miktarları (Sayı/L)			
	Modifiye Bailenger	Trikrom Boyama	Modifiye Kinyoun Asit Fast Boyama	Giemsa Boyama
ASAT (A) giriş	TE	TE	TE	TE
ASAT (A) çıkış	TE	TE	TE	TE
ASAT (B) giriş	<i>A. lumbricoides</i> yumurtası (80/L) <i>H. nana</i> yumurtası (40/L)	<i>A. lumbricoides</i> yumurtası (80/L) <i>H. nana</i> yumurtası (40/L) <i>Taenia</i> spp. yumurtası (120/L) <i>G. lamblia</i> kisti (40/L) <i>Entamoeba</i> spp. kisti (40/L)	TE	TE
ASAT (B) çıkış	TE	TE	TE	TE
YSAT (C) giriş	<i>A. lumbricoides</i> yumurtası (48/L)	<i>A. lumbricoides</i> yumurtası (48/L)	TE	TE
YSAT (C) Çıkış	TE	TE	TE	TE
Yüzey suyu (D) 1	TE	TE	TE	TE
Yüzey suyu (D) 2	TE	TE	TE	TE
Yüzey suyu (D) 3	TE	TE	TE	TE

TE: Tespit Edilemedi, ASAT: Atıksu Arıtım Tesisi, YSAT: Yüzey Suyu Arıtım Tesisi

Tablo 2. Su örneklerinde fekal kirliliğe ait gösterge bakteri düzeyleri ve parazit etken tespit edilme durumları

Örneğin Alındığı Yer	Parazit Etken Tespit Edilme Durumu	Gösterge Bakteri Düzeyi (kob/100mL)		
		Toplam Koliform Bakteri	<i>E. coli</i>	İntestinal Enterokok
ASAT (A) giriş	TE	1x10 ⁶	9x10 ⁵	1,6x10 ⁵
ASAT (A) çıkış	TE	0	0	0
ASAT (B) giriş	Tespit Edildi	5x10 ⁵	5x10 ⁵	1x10 ⁷
ASAT (B) çıkış	TE	0	0	100
YSAT (C) giriş	Tespit Edildi	20	10	0
YSAT (C) Çıkış	TE	0	0	0
Yüzey suyu (D) 1	TE	300	0	0
Yüzey suyu (D) 2	TE	0	0	6
Yüzey suyu (D) 3	TE	4	0	0

TE: Tespit edilemedi, ASAT: Atıksu Arıtım Tesisi, YSAT: Yüzey Suyu Arıtım Tesisi

TARTIŞMA

Tüm dünyada artan su ihtiyacını karşılayabilmek adına suyun tekrar kullanılması önem kazanmaktadır. Ancak kullanılan atık sularda bulunabilecek patojen etkenlerin halk sağlığını olumsuz etkilememesi gerekmektedir. Amahmid ve ark. (9) yapmış oldukları çalışmada; tarımsal amaçlı ham atık su kullanılan bölgedeki çocuklarda *Ascaris* spp. ve *Trichuris* spp. prevalansını her iki etken için %13,3 bulmuşken, kontrol grubunda bu oran sırasıyla %1,7 ve %3,8 olarak belirlenmiştir.

2003 yılında Türkiye’de sulama amaçlı su kullanım ihtiyacı toplam su ihtiyacının yaklaşık %74,6’sını oluşturmuşken, bu oranın 2030 yılında %64’lere ineceği tahmin edilmektedir (10).

Türkiye’de belirgin düzeyde su kıtlığı yaşanmadığı için sulama amacıyla atık su kullanımı yaygın bir uygulama değildir. Aksaray, Ankara, Eskişehir, Gaziantep ve Kayseri gibi illerde arıtılmış atıksu doğrudan veya yüzey suyuna deşarj edildikten sonra sulamada kullanılmaktadır. Ancak sanayileşme ve nüfus artışı ile beraber yaşanan iklim değişikliği nedeni ile kullanılabilir su kaynaklarımızın azalması, ileride alternatif su kaynağı olarak atık suların kullanılmasını kaçınılmaz hale getirecektir (11).

DSÖ’nün kriterlerinde, sulama amaçlı kullanılacak atık sularda intestinal nematod yumurtalarının sayısının $\leq 1/L$ ve fekal koliform bakteri seviyesinin de $< 200/100mL$ olması gerektiği bildirilmiştir (2). Türkiye’de bu alanda yayımlanan Tebliğ’de ise fekal koliform bakteri seviyesinin sulaması yapılacak ürün çeşidine göre $0/100mL$ veya $< 200/100mL$ olması gerektiği ancak intestinal nematodlar için bir limit belirlenmediği ve sadece gerekli durumlarda incelenmesi gerekliliği yer almaktadır (5).

Madera ve ark. (12); Kolombiya’da Modifiye Bailenger Yöntemini kullanarak yapmış oldukları çalışmada, atık su arıtım tesisinin giriş suyunun litresinde *A. lumbricoides* (183), *Taenia* spp. (63), *T. trichura* (31), *Enterobius vermicularis* (45), *H. nana* (51) ve *Hymenolepis diminuta* (67)

bulmuşlardır. Uygulanan arıtım sonrasında elde edilen su örneklerinde ise hiçbir parazit yumurtasına rastlanmadığı ve uygulanan arıtımın etkin olduğu belirtilmiştir. Bunun yanında giriş suyunda $8,3 \times 10^7$ EMS (En Muhtemel Sayı)/100 mL fekal koliform bakteri ve $4,7 \times 10^5$ EMS/100 mL intestinal enterokok bulunurken, çıkış suyunda bu sayının sırasıyla $6,6 \times 10^3$ EMS/100 mL ve $9,3 \times 10^3$ EMS/100 mL olduğu tespit edilmiştir. Bu şekilde çıkış suyunda fekal kirlilik göstergesi olarak bakterilerin bulunabileceği ancak herhangi bir patojen paraziter etkene rastlanmadığı ortaya konulmuştur.

Lanigro ve ark. (13); İtalya’da, sulama amaçlı kullanılan atık sularda *Cryptosporidium* ookist ve *Giardia* kistlerinin varlığını ve arıtımda uygulanan membran filtrasyon sisteminin bu etkenler üzerindeki etkinliğini araştırmıştır. Çalışmada; (oo) kistlerin tespiti için Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency, EPA) tarafından standartlaştırılan “Mikrobiyoloji Laboratuvarı El Kitabında” yer alan yöntem (14), polimeraz zincir reaksiyonu (PZR) yöntemi ile birleştirilerek kullanılmıştır. Arıtım tesisinde ultrafiltrasyon basamağı kullanılmadan arıtılan suların yaklaşık %70’inde *Giardia* kistine rastlanırken yaklaşık %7’sinde *Cryptosporidium* ookistine rastlanmış ve ultrafiltrasyon basamağı kullanılarak bu etkenlerin tamamının bertaraf edildiği ortaya konulmuştur.

Malezya’da yapılan çalışmada ise atık su arıtım tesislerinin giriş ve çıkış sularından alınan örnekler, *Cryptosporidium* ookist ve *Giardia* kistleri yönünden incelenmiştir. Hazırlanan sukroz solüsyonu ile konsantrasyon ve floresan boyama yöntemi neticesinde, arıtılmamış atık sularda $18-8480/L$ *Giardia* kisti ve $1-80/L$ arasında *Cryptosporidium* ookistine rastlanmıştır. Arıtım sonrası bu aralıklar sırasıyla $1-80$ kist/L ve $20-80$ ookist/L tespit edilmiştir. Bu şekilde içerisinde farklı oranlarda (oo)kist bulunan atık suyun içme suyu elde edilen yüzey suyuna deşarj edildiği ve bunun dikkate alınmadığı durumlarda ciddi halk sağlığı sorunlarına neden olabileceği belirtilmiştir (15).

İspanya'da atık sularda patojen parazitlerin doğal sistemlerle yok edilmesinin değerlendirildiği çalışmada; giriş ve çıkış sularında Modifiye Bailenger Yöntemi ile helmint yumurtalarının, kalsiyum karbonat flokülasyon ve floresan boyama basamaklarının yer aldığı yöntem ile de *Cryptosporidium* ookist ve *Giardia* kistlerinin tespit ve sayımı yapılmıştır. Giriş sularında ağırlıklı olarak *A. lumbricoides*, *H. nana* ve *H. diminuta* yumurtalarının bulunduğu çalışmada; ortalama helmint yumurtaları 9,56/L, *Cryptosporidium* ookisti 45,7/L ve *Giardia* kisti 280/L bulunmuştur. Çoklu arıtım basamaklarıyla bu etkenlerin %99,99'unun ortadan kaldırıldığı gösterilmiştir. Bunun yanında toplam koliform bakteri, *E. coli* ve enterokok bulunma oranları ile parazit mevcudiyeti arasındaki ilişki incelendiğinde, bu gösterge bakterileri ile parazit sayıları arasında bir ilişki olmadığı gösterilmiştir (16).

İran'da tarımsal kullanım için arıtılan atık sularda, hem parazit yumurtası hem de protozoon kistlerinin tespitine yönelik Modifiye Bailenger Yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada farklı arıtım tesislerinin giriş ve çıkış sularını incelemiş ve giriş suyu örneklerinde *A. lumbricoides*, *H. nana* ve *T. trichura* yumurtaları sırasıyla 51,8/L, 4,9/L ve 0,8/L; *G. lamblia* ve *E. histolytica* kistleri ise sırasıyla 11,27/L ve 24/L bulunmuştur. Ancak arıtım sonrası incelenen su örneklerinde alınan sonuçlar, arıtımın bu etkenler üzerinde %99 oranında etkin olduğunu göstermiştir (17).

Çalışmamızda incelenen ve çevre sulamasında kullanılmak üzere arıtılan atık su örnekleri, bakteriyolojik ve parazitolojik açıdan DSÖ ve Türkiye standartlarında verilen kriterlere uygun bulunmuştur. B Tesisinin giriş suyunda tespit edilen parazit yumurta/kistleri ile fekal gösterge bakterilerin çıkış suyunda bulunmaması, kullanılan arıtım tekniğinin parazitler üzerine etkin olduğunu göstermiştir. A Tesisinde giriş suyunda parazit yumurtası/kisti tespit edilemediğinden etkinlik açısından bir yorum yapılamamıştır.

Çalışmamızda; atık suda helmintlerin tespitine yönelik Modifiye Bailenger Yöntemi kullanılmış ve farklı ülkelerde de yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar paralellik göstermiştir. Çalışmamız Modifiye Bailenger Yönteminin atık su örneklerinde helmint yumurtalarının tespit ve sayımı için kullanışlı bir yöntem olduğunu göstermiştir. Bunun yanında yöntemin trikrom boyama ile desteklenmesi, hem helmint yumurtaları hem de protozoa kistlerin tespiti yönünde önemlidir.

Çalışmamızda; A Tesisinin giriş suyunda yüksek düzeyde fekal kirlilik tespit edilmesine rağmen parazit etkene rastlanmamıştır. Ancak B Tesisinin giriş suyunda yüksek düzeyde fekal kirlilikle birlikte pek çok parazit kist ve yumurtası tespit edilmiştir (Tablo 2). Yüzey suyundan alınan su örneklerinde, düşük düzeyde fekal kirlilik belirlenmesine rağmen parazit açıdan bir etken bulunmamıştır. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar yapılan uluslararası çalışmalarla benzerlik göstermiştir (12, 16).

Davutluoğlu ve ark. (18); Ankara evsel atık su ve arıtılmış atık su örneklerinde yaptıkları çalışmada, Modifiye Bailenger Yöntemini ve Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency-EPA) tarafından standartlaştırılan Mikrobiyoloji Laboratuvarı El Kitabında yer alan yöntemi bir arada kullanmışlar ve *A. lumbricoides* ile gerçekleştirilen geri kazanım çalışmalarında her iki yöntemin geri kazanımının yaklaşık %45 olduğunu bulmuşlardır. Çalışmanın sonucunda, arıtılmış atık su analizleri örneklerinde *A. lumbricoides* ve *T. trichiura* yumurtalarına rastlanmıştır. Elde edilen sonuçlar DSÖ'nün kriterlerine uygun çıkmasına rağmen geri kazanım oranları dikkate alındığında mikrobiyolojik su kalitesinin gerekli kriterleri sağlayamayabileceği vurgulanmıştır. Ayrıca atık sularda Modifiye Bailenger Yönteminin daha uygun ve kullanışlı olduğu belirtilirken, arıtılmış (temiz) sularda filtrasyon metodunun Modifiye Bailenger Yöntemin ile birlikte kullanılmasının daha doğru sonuçlar doğurduğu vurgulanmıştır.

Elazığ Belediyesi Atıksu Arıtım Tesisinin giriş ve çıkış suyunda helmint yumurtaları basit santrifüj işleminden sonra nativ-lugol mikroskopi yöntemi ile araştırılmıştır. Sonuçta; hem giriş hem de çıkış sularında *Dicrocoelium* spp. *Taenia* spp., *Trichuris* spp., *Toxocara* spp. ve *Ascaris* spp. türleri belirlenmiştir. Çalışmanın sonuçları; tesisin etkin bir arıtım yapmadığını ortaya çıkarmıştır (19).

Muğla İli Atıksu Arıtım Tesisinin su örnekleri bakteriyolojik ve parazitolojik yönden (direk mikroskopi) ile incelenmiştir. Arıtılmış suda; *Giardia*, *Ascaris*, *Oxyuris*, *Fasciola* ve *Taenia* türleri tespit edildiği ayrıca, fekal koliform bakteri sayısının sulama amaçlı kullanım için uygun olmadığı ve atık suyun sulama amacıyla kullanılmadan önce mutlaka klorlanması gerektiği vurgulanmıştır (20).

Türkiye’de 129 kentsel atıksu arıtım tesisinden 25’inin çıkış suyunun ilgili mevzuatta sulama suyu için belirtilen mikrobiyolojik kriterlere uygunluğu Baskan’ın (21) yaptığı çalışmada değerlendirilmiştir. Fekal koliform bakteri sayıları yönüyle %88 tesisin çıkış suyunun sulama amacıyla kullanımının ilgili mevzuata uygun olmadığı gösterilmiştir. Başka bir çalışmada Silivri, Paşaköy, Kayseri ve Adana’daki kentsel atık su arıtma tesisleri incelenmiştir. İnceleme sonucunda; dört tesisin deşarj sularının fekal koliform bakteri açısından tarımsal amaçlı sulama suyu olarak kullanılmasının elverişli olmadığı görülmüştür (22).

Türkiye’deki atıksularda parazitlerin araştırıldığı çalışmalarda kullanılan tespit yöntemlerin çoğunda mikroskobik incelemeye dayalı yöntemlerin kullanıldığı görülmüştür (19, 20).

Genel olarak ülkemizde atık sular ya arıtılmadan en yakın bölgedeki akarsulara veya göllere deşarj edilmekte ya da arıtıldıktan sonra geri kazanım ve yeniden kullanım alternatifi düşünülmeden bertaraf edilmektedir. Sınırlı ve pahalı olan suyun doğru şekilde kullanılabilmesi için atık suların arıtıldıktan sonra geri kazanılması ve yeniden kullanılmasıyla

su kaynaklarının korunması ve çevre kirliliğinin önlenmesi açısından önemlidir. Türkiye’de atık suların tekrar kullanıldığı alanların orman, park ve bahçelerin sulanması ile sınırlı olduğu ancak ileride arıtma tesislerinden çıkan atık suların ileri arıtmaya tabi tutularak kirlilik parametrelerinin azaltılmasıyla yeniden kullanımının gün geçtikçe daha fazla önem kazanacağı belirtilmiştir (23). 2009 yılı itibariyle Gaziantep, Eskişehir, Konya-İlgın ve Nevşehir-Ürgüp’de toplam dört arıtma tesisi suyu sulama sistemlerinde dolaylı kullanılmıştır. Ayrıca doğrudan kullanım için İzmir ve Kayseri’deki atık su arıtım tesislerinde çalışmalar sürdürülmüştür (24).

Modifiye Bailenger Yöntemi basit ve ucuz bir yöntem olduğu için atık sularda helmint yumurtalarının sayımı amacıyla DSÖ tarafından önerilmektedir. Çalışmamız sonucunda, Modifiye Bailenger Yönteminin özellikle ham atık sularda parazit yumurta ve kistlerinin tespit ve sayımı için uygulanabilir bir yöntem olduğu görülmüştür.

Atık suların sulama amaçlı kullanılmasına bağlı olarak oluşabilecek sağlık riskleri konusunda farkındalığın artırılması ve çeşitli merkezlerde özellikle helmint yumurtaları ve protozoon kistleri açısından gerekli çalışmaların standart hale getirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bunun için özellikle atık suyu deşarj edilen yüzey suları ve sulama amaçlı kullanılan atık sularla parazit tespitine yönelik çalışmaların yaygınlaşması, bu alanda ileride oluşturulacak mevzuatların ülke ihtiyaçlarını karşılayabilmesi ve doğru arıtım teknolojilerinin uygulanabilmesine ışık tutacaktır. Bunun yanında, fekal kirlilik düzeylerinin belirlenerek ulusal/uluslar arası mevzuatlara uygunluğun gösterilmesi ve parazit etkeni ile fekal kirlilik düzeylerinin ilişkilerinin araştırılması, bu alanda yönetsel düzeyde gerçekleştirilecek düzeltici/önleyici faaliyetlerin etkinliği açısından önemli olacağı kanısına varılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Özbay İ, Kavaklı M. Türkiye’de ve diğer ülkelerde arıtılmış atıksuların geri kazanım uygulamalarının incelenmesi. Çevre Sorunları Sempozyumu. 14-17 Mayıs, Kocaeli-Türkiye. 2008.
2. Ayres RM, Mara DD. Analysis of wastewater for use in agriculture-a laboratory manual of parasitological and bacteriological techniques. Geneva: WHO Press, 1996.
3. Anonymous. Method 1623.1: *Cryptosporidium* and *Giardia* in water by filtration/IMS/FA. United States Environmental Protection Agency, 2012.
4. Anonymous. ISO 15553 water quality-Isolation and identification of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts from water. 2006.
5. Anonymous. Atıksu Arıtım Tesisleri Teknik Usuller Tebliği. Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010.
6. Anonymous. WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. In: Wastewater Use in Agriculture, Vol: 2. Geneva: WHO Press, 2006.
7. Anonymous. TS EN ISO 9308-1 Su Kalitesi - *E. coli* ve Koliform Bakterilerin Tespiti ve Sayımı-Bölüm 1: Membran Süzme Yöntemi. 2004.
8. Anonymous. TS EN ISO 7899-2 Su Kalitesi - Bağırsak Enterokokların Tespit ve Sayımı - Bölüm 2: Membran Süzme Yöntemi. 2002.
9. Amahmid O, Bouhoum K. Assessment of the health hazards associated with wastewater reuse: Transmission of geohelminthic infections (Marrakech, Morocco). Int J Environ Health Res, 2005; 15 (2): 127-33.
10. Anonymous. 9. Kalkınma Planı, 2007-2013: Çevre Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Yayın No: DPT: 2737, Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı, 2007.
11. Yurtseven E, Çakmak B, Kesmez GD, Polat HE. Tarımsal atıksuların sulamada yeniden kullanılması. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi.11-15 Ocak, Ankara-Türkiye. 2010.
12. Madera CA, Peña MR, Mara DD. Microbiological quality of a waste stabilization pond effluent used for restricted irrigation in Valle Del Cauca, Colombia. Water Sci Technol, 2002; 45 (1): 139-43.
13. Lonigro A, Pollice A, Spinell R, Berrilli F, Di Cave D, D’Orazi C, et al. *Giardia* cysts and *Cryptosporidium* oocysts in membrane-filtered municipal wastewater used for irrigation. Appl Environ Microbiol, 2006; 72 (12): 1916-18.
14. Fout GS, Schaefer III FW, Messer JW, Dahling DR, Stetler RE. ICR Microbial Laboratory Manual. United States Environmental Protection Agency,1996.
15. Lim YAL, Wan Hafiz WI, Nissapatorn V. Reduction of *Cryptosporidium* and *Giardia* by sewage treatment processes. Trop Biomed, 2007; 24 (1): 95-104.
16. Reinoso R, Torres LA, Torres E. Efficiency of natural systems for removal of bacteria and pathogenic parasites from wastewater. Sci Total Environ, 2008; 395 (2-3): 80-6.
17. Sharafi K, Davil MF, Heidari M, Almasi A, Taheri H. Comparison of conventional activated sludge system and stabilization pond in removal of chemical and biological parameters. Int J Environ Health Eng, 2012; 1 (5): 1-5.
18. Davutluoğlu, A. Atıksularda helmint yumurtaları ve protozoan kistlerinin tayini. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 2005.
19. Öbek E, Yakupoğulları Y, Tepe M, Toraman Z. Elazığ Belediyesi Atıksu Arıtım Tesisi giriş ve çıkış sularının helmintolojik riskinin araştırılması. Uludağ Üni Müh-Mim Fak Derg, 2007; 12 (1): 77-83.
20. Uğur A, Yılmaz F, Besler A. Muğla Üniversitesi Eysel Atıksu Arıtma Tesisinde bakteriyolojik, protozoolojik ve fiziko-kimyasal bir araştırma. Ekoloji Çevre Derg, 2000; 10 (37); 9-11.
21. Başkan T. Arıtılmış evsel atık suların tarımda sulama amaçlı yeniden kullanılması. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
22. Arslan AI, Tanık A, Övez S, İskender G, Gürel M, Orhon D. Reuse potential of urban wastewater treatment plant effluents in Turkey: A case study on selected plants. Desalination, 2007: 215(1-3), 159-165.
23. Yalılı Kılıç M, Kestioğlu K, Aydınalp C. Atıksuların sulama suyu olarak kullanım olanaklarının değerlendirilmesi. Su Tüketimi Arıtma Yeniden Kullanım Sempozyumu. 03-05 Eylül, İznik/Bursa-Türkiye. 2008.
24. Kukul YS, Anaç S, Yeşilırmak E. Türkiye’de atık su arıtımı ve sulamada kullanım potansiyeli. Su Tüketimi Arıtma Yeniden Kullanım Sempozyumu. 03-05 Eylül, İznik/Bursa-Türkiye. 2008.