

MBD 2022, 10 (1): 1-10

ISSN 2146-7420

© Mesleki Bilimler Dergisi (MBD)

Accepted date: Eylül 2022



Sanayi Tesislerinde Kullanılan Yer Altı Kaynaklı Suların Çalışanların Sağlıkları Üzerinde Yaratabileceği Olası Maruziyetlerin Önlenmesi İçin Geliştirilecek Tasarımlar

Mine PEHLİVAN¹, H. Uğur ÖNCEL²

¹Gedik Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği ABD, İstanbul

²Gedik Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, İş Sağlığı ve Güvenliği ABD, İstanbul
dr.minepehlivan@gmail.com¹, ugur.oncel@gedik.edu.tr²

Özet— Doğal kaynak sularının alışlagelmiş tüketiminin yanı sıra maliyet hesabıyla ilgili olarak da üretim sektörlerinde doğrudan kullanım için de tercih sebebi olmaktadır. Ancak, tüketilen suyun içeriği hastalığa sebep olan bazı olumsuz etkileri de beraberinde getirmektedir. Çalışmamızda Ömerli barajının güney kanadından Gebze Sanayi bölgesine kadar uzanan Kurnaköy su hattını inceledik. Kurnaköy’de 200 metre derinlikte açılmış kuyudan çıkarılan su kaynağından köyün içine su borusu ile ulaşan suyun ücret karşılığında servis edildiğini saptadık. Birçok işyeri aracının bu çeşmeden 20 litrelik pet şişelere su doldurduklarını gözlemledik. Çeşme ve kaynak çıkış noktasından aldığımız örneklerde insan sağlığını etkileyecek düzeyde fekal *Escherichia Coli* basilinin olduğunu belirlememizle çalışmamızı işyerleri için model olması amacıyla, köyün su kaynağının dezenfeksiyonu ve *Coli* basiliden arındırılması yönüne çevirdik. Araştırma yapılan kaynak suyunda 27 aylık ve üç farklı zaman periyodunda numune alarak, akredite çevre laboratuvarında kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerini yaptık. Analiz bulgularında suyun Koliform Basil içerdiğini ve 25730 sayılı (17.02.2005) Resmi Gazete yönetmeliği gereği 36. Madde ve Ek -1’e göre uygun olmadığını belirledik. İş yeri ve işçi sağlığı için yaptığımız araştırma ve temsili tasarım sonucunda, kuyu suyunun patojenlerden arındırılarak kullanılabilmesi amacıyla İyodür Solüsyonu ile dezenfeksiyon yöntemi üzerine yoğunlaştık. İnsan sağlığına uygun İyodür Solüsyonu içeren dezenfeksiyon tasarımıyla arıttığımız suda fekal *Escherichia Coli* basilinin varlığını ortadan kaldırmayı başardık.

Anahtar Kelimeler— Kaynak suları, Fekal *Escherichia Coli* basili, İyot, Dezenfeksiyon, İş Sağlığı ve Güvenliği

Designs To Be Developed To Prevent Potential Exposure To The Health Of Employees By Underground Water Used In Industrial Facilities

Abstract—In addition to the usual consumption of natural spring waters, it is also preferred for direct use in production sectors in terms of cost calculation. However, the content of consumed water also brings with it some negative effects that cause disease. In our study, we examined the Kurnaköy water line, which extends from the southern flank of Ömerli

dam to the Gebze Industrial area. We have determined that the water that reaches the village with a water pipe from the water source extracted from the well drilled at a depth of 200 meters in Kurnaköy is served for a fee. We observed that many workplace cars fill 20-liter plastic bottles with water from this fountain. When we determined that there were fecal *Escherichia Coli* bacillus at a level that could affect human health in the samples we took from the fountain and spring outlet, we turned our study to disinfection and purification of the village's water source to serve as a model for workplaces. We conducted chemical and microbiological analyzes in the accredited environmental laboratory by taking samples in the source water of the study at 27 months and three different time periods. In the analysis findings, we determined that the water contains Coliform Bacillus and it is not suitable according to Article 36 and Annex -1 as per the Official Gazette regulation no 25730 (17.02.2005). As a result of our research and representative design for workplace and worker health, we focused on disinfection with Iodide Solution in order to use well water by purifying it from pathogens. We succeeded in eliminating the presence of fecal *Escherichia Coli* bacillus in the water we purified with the disinfection design containing Iodide Solution suitable for human health.

Keywords— Spring waters, *Faecal Escherichia Coli bacillus*, Iodine, Disinfection, Occupational Health and Safety

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Su, tüm canlıların yaşamını sürdürebilmesi için en önemli ihtiyaçtır. Dünyamızın %70'i, insan bedeninin, erkeklerde vücut ağırlığının %60'ı, kadınlarda vücut ağırlığının %50'si ve çocuklarda vücut ağırlığının %65-75'i sudan oluşmaktadır.

Kaynak suları, doğal ortamlarının çevresinden taşıdığı mikro ve makro organizmalar ile biyolojik olarak kirlenmiş bir yapıya bürünmektedirler. İçilebilir suların en önemli kaynak kirleticisi fekal (dışkı) mikroorganizmalardır. *Escherichia Coli* ağırlıklı koliform bakteriler dışkı yolu ile bulaşmayı gösteren en önemli belirteç olmaktadır (Murcia, 2017).

Küresel çapta faaliyet gösteren Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre, ileri seviye medeniyetlerin başını çeken ABD'de bile, suların kirlenmesinden kaynaklı bireysel anlamda yaklaşık 70.000'i aşkın olası hastalık vakası bildirilmiştir. Enfeksiyon kaynaklı bu hastalıklara neden olan su kirliliğinin nedeni hayvan leşlerinin ve kanalizasyonların su kaynaklarına bulaşarak suların kirlenmesine sebep olduğu öngörülmektedir (Sönmez ve Çizmecioglu, 2007).

Bu çalışmanın amacı; Türkiye'de küçük ve orta ölçekli sanayi kuruluşlarında, maliyeti düşürmek amaçlı dışarıdan alınan hizmetlerin artırılması ve buna bağlı olarak su kullanımında şehir suyu dışında alternatiflere yönelmesi ile ortaya çıkan çalışanların sağlık risklerinin gündeme getirilmesi çabası olmuştur. İş yerlerinde dışarıdan kaynak suyu kullanımı belirli önlemler alınmadığı takdirde, çalışanların sağlıkları üzerinde yaratacağı olumsuz etkileri göz önünde bulundurarak, su ile ilgili bu çalışmayı başlattık. Biyolojik çevre etkilerinden henüz etkilenmediğini düşündüğümüz yer altı kaynağının çıkış noktası ilk çalışma hedefimizi oluşturdu. Mikrobiyolojik kirlenme potansiyelini test etmeye yarayan ve maliyet açısından da işyerlerine büyük oranda masraf kalemi oluşturmayacak bir sistem geliştirerek, kaynak suyunu, içme suyu ya da kullanma suyu olarak temin eden işyerlerinde, çalışanların maruz kalabilecekleri sağlık sorunlarını en aza indirecek bir öneri getirmek için yola çıktık.

2. YERALTI SULARI (GROUNDWATER)

Yer altı suyu kısa bir tanımla, yüzeye geçirgen yapıların arasından sızan ve kaynakları besleyerek dış kütlelerin oluşumuna destek sağlayan kütlenin tanımıdır (Naharci, 2007).

Yeraltı sularının büyük bir kısmı, dış bir gücün etkisiyle çıkartılmadığı sürece içeride hapsolmektedir. Kaynak ve kuyulardan çıkarılan sular, insanların kullanımına sunulmak ve ihtiyacın temelini sağlamak açısından kurak ve yüzey suyu barındırmayan havzalarda oldukça sık kullanılan yöntemdir. Bu sular, zemin etkisine yüzey aşındırmaları sonucu mineral ve doğallık bakımından oldukça verimli bir yapı sağlamaktadır. Bu doğal işlem sonucu, su yapısında bulunan bulanıklık, mikroorganizma, organik materyal bakımından arınarak kullanılmaya oldukça elverişli hale gelmektedir. Günümüzde yeryüzü sularının kullanımının neredeyse yarısı yeraltı kaynaklarından sağlanmaktadır. Yeraltındaki suyun kaynağını hemen tümüyle yağışlardan sonra zemin yüzeyinden sızan su oluşturur.

3. SULARIN ÖZELLİKLERİ (PROPERTIES OF WATER)

Doğada bulunan suları Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik olmak üzere üç özellik altında inceleyebiliriz;

1-Fiziki özellikler (*Physical Properties*) Renkten muaf, tat-koku bakımından uygun, ısı, turbidite, askıda katıların varlığından muaf, elektriksel iletkenlik, radyoaktivite, yoğunluk ve akışkanlık değerleridir.

2-Kimyasal Özellikleri (Chemical Properties) Yapı bakımından Suda sertlik, pH, oksitlenme, asidite-alkalinite, CO_2 , BOI , KOI değerleridir.

3-Biyolojik Özellikler (Biological Properties) Suda bulunabilecek virüsler, bakteriler, protozoalar ve parazitler gibi patojenlerin varlık değerleridir.

4. SULARIN MİKROBİYOLOJİK AÇIDAN KİRLENMESİ (MICROBIOLOGICAL CONTAMINATION OF WATERS)

Ülkemizde uygulanmakta olan, 2005 tarihi ve Şubat ayının 17'sinde kabul gören 25730 sayılı Resmi Gazete yayımı olan yönetmelik gereği (İnsanların Tüketimi Amacıyla Sunulan Yönetmelik) hususları, içilebilir ve kullanıma uygun sular hakkındaki parametreler ve kriterler açık olarak belirtilmektedir. Buna göre, herhangi bir amaçla kullanılacak olan suyun virüslerden, bakterilerden, protozoa ve parazitlerden arındırılmış olması gerekmektedir.

Suda koliform grubu bakterilerin bulunması suyun dışkı ile kirlendiğinin göstergesidir ve etkede olmuş su tüketildiğinde, sıcakkanlı canlıların bağırsaklarında yaşarlar. Hasta kişilerce, dışkıyla dışarıya atılan bu organizmalar, hastalığın çevrede hızla çoğalmasına neden olur. Bu sebeple sulara bulunan koliform gruplarının hastalık yapıcı etmenleri değerlendirildiğinde, kirlilik yükünün en aza indirilerek taşıyıcı yükün azaltılması amaçlanmaktadır.

Fekal kaynaklı mikroorganizmalar, $44,5^\circ\text{C}$ 'de üreyebilen, laktozun fermantasyonu sonucunda gaz açığa çıkartan bakteriler olarak bilinmektedirler. Bu da inkübasyon süresinde kirliliği gösteren bakteri topluluğunun en önemlileri arasında yer Alan E.coli varlığıyla suyun yapısında kirliliğin en temel etkeni olarak belirtilmektedir. (Veissman ve Hammer, 1993; Spencer, 1984).

Biz bu çalışmamızda E. Coli serotiplerini genetik özelliklerine göre ayırma tabii tutmadık. Fekal koliform sayısını esas aldık. Bu sayının, kabul edilen referans üreme sayısının, üzerinde olması suyun patoloji riski taşıdığı bir belirteci ve kesinlikle içme suyu olarak kullanılmaması gerektiği kriterinden hareket ederek, suyu bu mikroorganizmadan arıtmaya çalıştık.

5. DEZENFEKSİYON (DISINFECTION)

Arıtmanın verimliliği, fayda açısından iyi uygulanması halinde sudaki bakteri sayısını % 99,5 oranında azaltılabilir ama bu her zaman insan sağlığı için yeterli olmamaktadır. Arıtma işleminin sonunda, suların mutlaka dezenfekte edilmesi gerekmektedir. Dezenfeksiyon işlemi, içme ve kullanma sularındaki hastalık yapıcı mikroorganizmaların, içme suyu olarak kabul edilen seviyeye getirilmesi işlemidir.

İçme suyunda insan sağlığı için kritik olan bakteri, virüs ve amip kistleridir. İyi bir dezenfeksiyon bu üç patojen grubunda etki etmelidir.

Dezenfeksiyon iki şekilde yapılır;

- Kimyasal Dezenfeksiyon
 - a. Klor
 - b. İyot
 - c. Ozon dezenfeksiyonlarıdır.
- Fiziksel Dezenfeksiyon
 - d. Ultraviyole Radyasyonu
 - e. Membran Filtrasyon

6. İYOT ELEMENTİNİN GENEL TANIMI (GENERAL DESCRIPTION OF THE ELEMENT IODINE)

İyot doğada bulunan elementlerden biridir. İyotun insan vücudundaki eksikliği veya fazlalığı insan sağlığı açısından önemlidir. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre, erişkin bir insanın günlük azami tüketim miktarı $200 \mu\text{g/gün}$ olmalıdır.



Şekil 1. İyot elementi (element iodine)

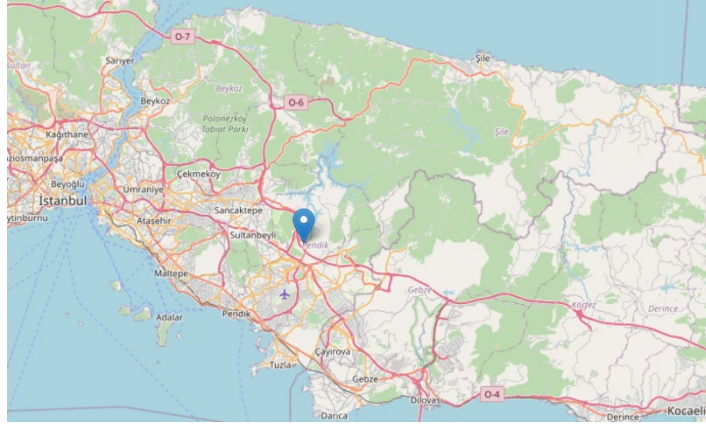
7. MİKROBİYOLOJİK ANALİZLER (MICROBIOLOGICAL ANALYSIS)

Membranlama tekniği, *Escherichia Coli* (*E. Coli*) ve koliform bakterilerinin tayini için yapılan bir sayım yöntemidir. Membran filtrasyonuna, ardından kromojenik koliform agar besiyerinde kültüre ve numunedeki hedef organizma sayısının hesaplanmasına dayanır. Örneğin, 100 ml suyu, membran filtreden geçirdikten ve kuluçkalamaya bırakılmasını takiben 40 koloni sayıldı ise, sayım sonucu 40 cfu/100 ml olarak belirlenir.

8. MATERYAL VE METOD (MATERIAL AND METHOD)

a. Materyal (Material)

Kurnaköy, Marmara Bölgesi'nde İstanbul ili sınırları içerisinde, Pendik ilçesine bağlı 2014 yılı verilerine göre 1272 nüfusu olan bir mahalledir. Araştırmamızı bu köyde yüzlerce senedir kullanılan bir su kuyusu üzerinde yoğunlaştırdık. Kurnaköy'üne ziyarete gelen vatandaşlar ve içme ya da kullanma suyunu daha düşük maliyet ile işyerine taşımak isteyen işverenler tarihi çeşmeden 20 litrelik plastik bidonlara doldurmak suretiyle buradan su temin etmektedirler.



Şekil 2. İstanbul haritası üzerinde Kurnaköy'ün konumu (Location of Kurnaköy on the map of Istanbul)



Şekil 3. Kurnaköy'de bulunan çeşmeden bir görüntü (A view from the fountain in Kurnaköy)



Şekil 4. Kurnaköy’de bulunan çeşmeden suyun pet şişelere transfer edilışinden bir görüntü (A view of the transfer of water from the fountain in Kurnaköy to plastic bottles)



Şekil 5. Kurnaköy’de işyerlerine ait araçlarla, pet şişelerle su temin edilışinden bir görüntü (A view of the supply of water with pet bottles and vehicles belonging to workplaces in Kurnaköy)



Şekil 6. Kurnaköy’de bulunan su deposunun içinden bir görüntü (A view from inside the water reservoir in Kurnaköy)

8.1 Metod (Method)

Bu çalışmada, 26.07.2019, 19.12.2019, 01.12.2020 ve 15.12.2021 tarihlerinde toplam dört kez, bir adet kuyudan ve dört adet çeşmeden olmak suretiyle numuneler alındı. Alınan numunelerin analizi TS EN ISO 9308-1 Standardı çerçevesinde, 'Membran Filtre Yöntemi' ile yapıldı. Su örnekleri alınırken, TS Method 266 ile, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe atıf yapılarak, hükümleri dahilinde hareket edildi. Numuneler, 1000 ml'lik sodyum tiyosülfat içeren steril kaplarda muhafaza edildi. Analizler akreditasyon sertifikasına sahip bir çevre laboratuvarında yapıldı.

8.1.1 Potasyum İyodür ve İyottan, İyodür Solüsyonu Hazırlanması (Preparation of Potassium Iodide and Iodine Solution from Iodine)

İyot miktarının günlük tüketilebilir sınır değerleri olan 100–300 µg içerisinde kalması için %2'lik stok çözeltiden iyot miktarının sınır değerlerinin altına indirilmesi hedeflenir. %2'lik Potasyum İyodür ardışık seyreltmeler yapılarak limit değerler, tavsiye edilen tüketim miktarının altına düşürülmüştür.

Kuyudan aldığımız ve ham su olarak adlandırdığımız su ile içeriğinde % 0,00002 iyot ve potasyum iyodür içeren, 1000 ml hacmindeki İyodür Solüsyonu hazırlanarak analizlerde kullanılmıştır.



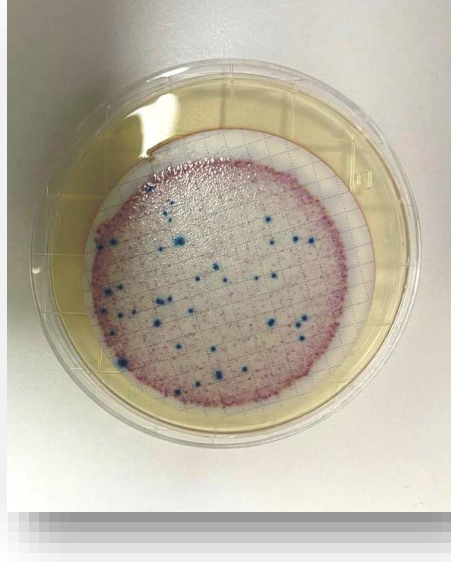
Şekil 7. İyodür solüsyonu içeren seyreltmeler (Dilutions containing iodide solution)

8.1.2 Bakteriolojik Analizlerin Yapılması (Performing Bacteriological Analysis)

Mikrobiyolojik Analiz Parametreleri Amacıyla Numune Alımı (TS ISO EN 19458:2006)' Metoduna uygun olarak alınmış olan numuneler TS EN ISO 9308-1 Standardına uygun olarak analiz edilmek üzere laboratuvara kabul edildi. Analizlere, CCA Chromogenic Coliform Agar ve patojenler için uygun olarak 45µm'lik, 47 mm semi-permeabel filtre kullanılarak başlandı. Numunelerin ardışık olarak seyreltilme işlemi, bakteri muhtevasının yüksek katsayılarında olduğu varsayılarak numuneye peptonlu su ile seyreltme uygulandı.

100 ml su örneği, süzme aparatının üzerine konulan steril membran filtre yardımıyla süzüldü. Bu işlem sayesinde, çapları 0,45 mikrondan büyük olan bakteriler filtreden geçemeyerek filtrede tutundu. Daha sonra süzülerek bakterilerin tutunmasına yardımcı olan filtre, tanılama amacıyla kullanılacak olan besiyerine konularak standardın belirlediği uygun optimum koşullarda inkübasyona işlemine bırakıldı.

35±2 °C'de 24 saat inkübasyon sonunda *E. Coli* mavi bir alanla çevrili mavi koloniler, Enterobacter cinsi bakteriler dar, sarı bir alanla çevrili portakal rengi koloniler şeklinde gelişti. Koliformların kolonileri kırmızı renklidir ve membran filtre altında sarı noktalara sahiptirler. ISO 9308-1'e göre membran filtre altında sarı renk gösteren tüm koloniler pozitif olarak sayılırlar. İnkübasyonda geçen süre zarfında, besiyerindeki besinleri yapısında kullanan bakteri grubu, membran filtre üzerinde gelişerek renklenme gösterdi. Ayrım ve gelişim işleminin sonunda renklenen ve standarda uygun tanımlanan koloniler değerlendirmeye alındı.



Şekil 8. Koliform bakterinin ve *Escherichia Coli*'nin besiyerinde görünümü (Appearance of Coliform bacteria and *Escherichia Coli* in the medium) (Aralık 2021)

Tablo 1. Alınan dört numunenin analiz sonuçları
(Analysis results of four samples taken)

Alma Noktaları	Numune Alma Tarihleri			
	Ağu.19	Ara.19	Kas.20	Kas.21
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
Kaynak	815	-	-	-
Çeşme	332	625	252	680

8.2 Kimyasal Analizler (Chemical Analysis)

Bu çalışmada içme suyu standartlarının karşılanabilmesi amacıyla bakteriyolojik analizlerin yanı sıra ıslak ve enstrümantal analizler de gerçekleştirilmiştir. Bunun amacı suyun yapısında oluşabilecek değişim ve bozunmalara karşın kullanılan kimyasalın etkisinin su yapısında oluşabilecek değişimlere sebebiyet vermemesi adına delil niteliği taşımaktadır (Çizelge 8.2).

9. BULGULAR (RESULTS)

Kurnaköy'de kaynaktan gelen su 50 m³ 'lük depoda ara depolama yapılarak çeşmeden boşaltımı sağlanmaktadır. Farklı tarihlerde kaynaktan 1 adet numune, çeşmeden 4 adet numune bakteriyolojik kirlilik araştırması için alındı. Bakteriyolojik analiz sonuçlarına göre; tüm numunelerde kirlilik tespit edildi. İçme suyu olarak sunulan suyun dezenfeksiyonu uygun şekilde yapılmadığı belirlendi. Türk Standartları 266 Standart numarasına göre, Kurnaköy'ün kaynak suyunun genel olarak fizikokimyasal açıdan negatif yük barındırdığı tespit edilmiştir. Kaynağından gelmesi sebebiyle toplum arasında temiz olduğu kabul görülen su, vatandaşlar ve işletmeler tarafından şişelere doldurularak evlere ve işyerlerine tüketim amaçlı taşınmaları uzun yıllardır devam etmektedir.

Aralık 2019 tarihinde yapılan mikrobiyolojik çalışmada, suyun sıcaklığı, ortam yüklerinin ve canlılık faaliyetlerinin doğada azalacağı varsayılarak yalnızca Fekal orijin kökenli kaynak belirteci olan *Escherichia Coli* bakterisinin varlığı araştırıldı. Netice olarak, Kaynağın kendisine, dış kaynaklardan atık bulaştığı varsayımından yola çıkılarak analiz sonuçlarıyla desteklendi.

Kaynak suyundaki *E. Coli* varlığı, 22°C ve 37°C'de üreyebilecek diğer koloni gruplarının da varlığına ışık tutmaktadır.

Fekal kirleticilerin mevsimler ve dönemsel olarak takip edilmesiyle elde edilen bulgularda, Kasım 2020-21 yıllarında aynı kaynaktan alınan örneklerde, yine taşıyıcı Fekal kirliliğin izlerine rastlandı. Bu da, suyun dönemsel olarak değil, kaynağın kendisine doğrudan bir kirlilik yükünün sürekli akışına işaret etmektedir.

Suda bulunan koliform bakterilerin giderilmesi çalışmasında sadece Kurnaköy değil, kendi kuyusunu açmış ve kaynak suyu kullanan başka işyerlerinde de kullanım fırsatları sunmaktadır. Suya tablet klor atma ya da sıklıkla kullanılan diğer dezenfeksiyon yöntemleri haricinde bir yöntem belirlemek, suyun tadını ya da kokusunu değiştirmeden, yan ürün üretmeden, kurulumu ve kullanımı kolay bir dezenfeksiyon yöntemi tasarlamak ve önermek çalışmalarımıza öncülük etmektedir.

Tablo 2. İçme suyu standartlarına göre, numunenin iyodür solüsyonu ile dezenfekte edilmeden önce ve edildikten sonraki analiz sonuçları (Analysis results before and after disinfection of the sample with iodide solution, according to drinking water standards)

Mikrobiyoloji	Birim	Analiz	Ham Su	1:1 seyreltme ile dezenfeksiyon	1:5 seyreltme ile dezenfeksiyon	1:10 seyreltme ile dezenfeksiyon	1:25 seyreltme ile dezenfeksiyon	1:50 seyreltme ile dezenfeksiyon	1:100 seyreltme ile dezenfeksiyon	İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik	EPA
	cfu/250ml	Toplam Koloni	2500	0	0	0	0	0	0	12	0
cfu/250ml	Toplam Koliform	1650	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cfu/250ml	E.Coli	680	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cfu/250ml	C.Perfringers	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0

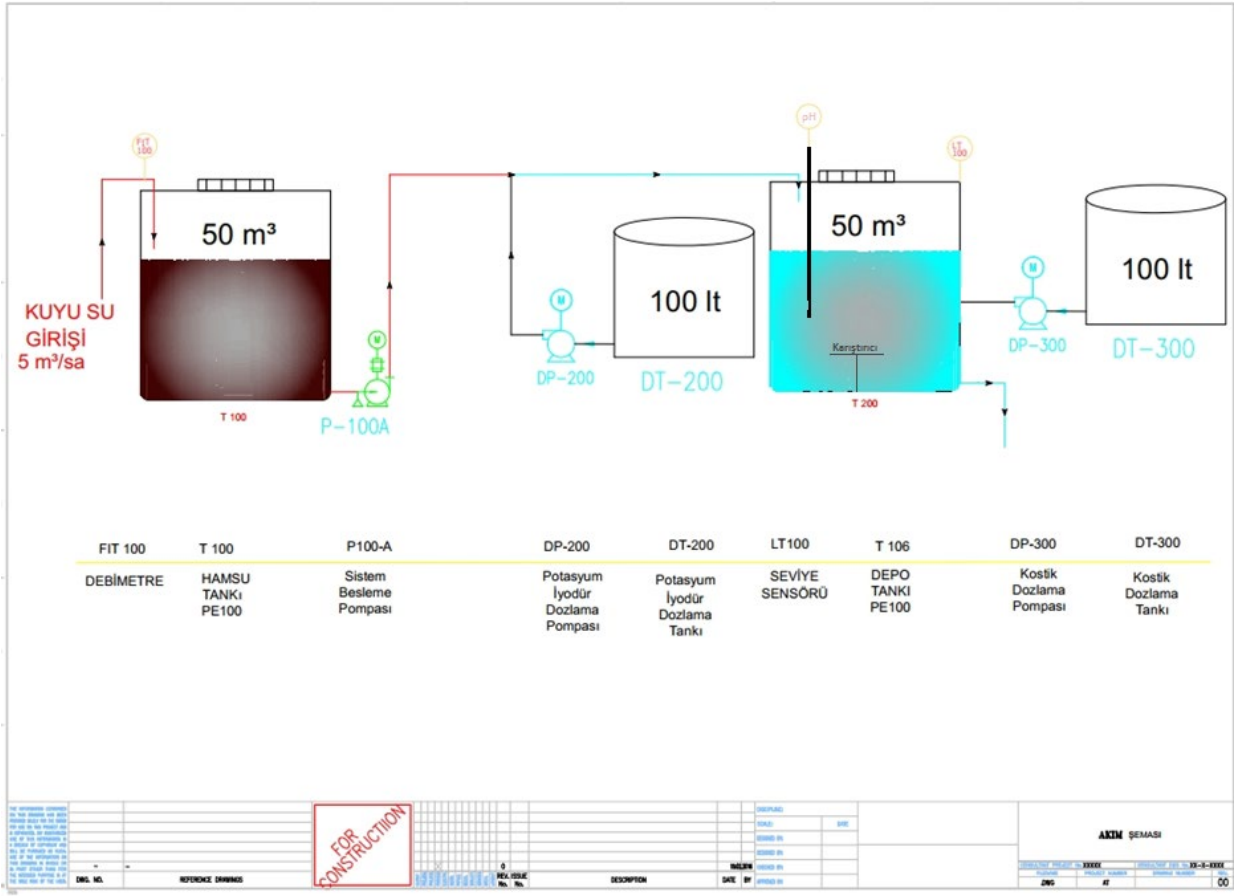
Ağır Metaller	Birim	Analiz	Ham Su	1:1 seyreltme ile dezenfeksiyon	1:5 seyreltme ile dezenfeksiyon	1:10 seyreltme ile dezenfeksiyon	1:25 seyreltme ile dezenfeksiyon	1:50 seyreltme ile dezenfeksiyon	1:100 seyreltme ile dezenfeksiyon	İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik	EPA
	mg/L	NA	2,96	2,89	2,91	2,9	2,92	2,93	2,95	200	60
	mg/L	Alüminyum	0,0023	0,0119	0,0107	0,0083	0,0052	0,006	0,00062	0,2	0,05
	mg/L	Fe	0,0035	0,0023	0,0022	0,0017	0,0014	0,0016	0,0023	0,2	0,3
mg/L	Mn	0,0152	0,0061	0,0057	0,0027	0,0012	0,0018	0,002	0,05	0,05	

Islak Analizler	Birim	Analiz	Ham Su	1:1 seyreltme ile dezenfeksiyon	1:5 seyreltme ile dezenfeksiyon	1:10 seyreltme ile dezenfeksiyon	1:25 seyreltme ile dezenfeksiyon	1:50 seyreltme ile dezenfeksiyon	1:100 seyreltme ile dezenfeksiyon	İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik	EPA
	mg/L	Sertlik	21,73	17,68	15,23	12,58	9,86	6,27	3,35	200	200
	mg/L	Sülfat	32,45	12,5	10,67	7,54	6,28	5,38	4,23	250	250
	pH		5,53	7,51	7,52	7,53	7,52	7,52	7,51	6,5<pH<9,5	6,5<pH<8,5
	µS/cm	İletkenlik	113,1	64,47	44,57	28,36	12,04	8,72	6,38	2500	2700
	NTU	Bulanıklık	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok	n/a
	pt-co	Renk	<5	5,32	<5	5,26	<5	<5	<5	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok	<15

Yaptığımız araştırma ve laboratuvar çalışmasında, yüksek oranda toplam koliforma rastladığımız, içme ve kullanma suyu olarak kullanılan kuyu suyundaki bakterileri, %2'lik iyodür solüsyon ile içilebilir su standartlarını rahatlıkla karşılayacağımız gibi, günlük iyot alım değeri olan 100-150µg sınırına yaklaşılmamıştır.

10. TASARIM (DESIGN)

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik Ek-2 ve U.S. Environmental Protection Agency – (EPA, 2003) (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı)'in bildirdiği içme suyu kriterlerini karşılayan, çalışmalarda hazırlanarak kullanılan %2'lik iyodür solüsyonunun, suyun kullanılabilir kriterlere uygun hale getirilmesini sağlayan proses tasarım şeması aşağıda gösterilmektedir.



Şekil 9. Dezenfeksiyon işlemlerini içeren prosesin cad çizim görüntüsü (CAD drawing image of the process including disinfection processes)

11. TARTIŞMA VE SONUÇ (DISCUSSION AND CONCLUSION)

İçme suyu açısından tabir edilen en tehlikeli durum, kontaminasyonun doğrudan veya dolaylı yollarda maruz kalınabilmesi riskidir. Yapısal olarak bakteri ile kirlenmiş bir su örneği, organik maddeler ve canlıların dışkılaması sonucuyla gerçekleşen fizyolojik atığın kaynaklar arasında geçişine sebep olacak durumun yaşandığını teyit etmektedir. Bu durumun neticesinde uzun vadede bakteriden kaynaklı hastalıkların bulaş riskinde ve yayılmasında önemli bir rol oynayacaktır (Coşkun ve ark., 1990; WHO, 1977; Yumuturuğ ve Sungur, 1980).

Araştırmamızda çalıştığımız su örneklerinde, azami düzeyde Koliform Grubu Bakterileri, *Escherichia Coli* varlığının tespit edilmesi suyun kritik sayılabilecek miktarda mikrobiyal kontaminasyona maruz kaldığı, insani ve tüketilebilir hijyen açısından ciddi problemler oluşturabileceği görülmektedir. Tespit edilen mikrobiyal kontaminasyondan kurtulmak için tüketime sunulmadan önce uygun bir dezenfeksiyon işlemi yapılması gerekir.

Seyreltme uygulanarak elde edilen bulgularda, katsayıların aralıkları, yükün doğrudan etki edeceği ve debinin artıp/azalacağı durumlar göz önünde bulundurularak, yükün suyun kapasitesindeki artış ve azalışının temsil edildiği durumlarda dahi üreme faaliyetlerinin devam ettiğinin göstergesidir. Ağır metal ve diğer ıslak analizlerin de aynı durumlar altında analiz edildiği öngörülerek yapılan çalışmalarda, numune hacminin oransal olarak dağılımları ve iyodür solüsyonunun dezenfekte edici özelliğinin yanı sıra, suyun yapısındaki değişikliklerin takip edilmesi açısından kademeli olarak seyreltme ile izlenmesi sağlanmıştır.

Kapalı sistemde kurulacak bir tasarım ile kontaminasyon önlenabilir.

İyot, doğal besin kaynaklarında bulunan, vücudun kendi kendine üretmediği ancak tiroid hormonlarının üretim için ihtiyaç duyulan esansiyel bir elementtir. İyot elementi mide ve duodenumdan emilir ve vücudun sistematik olarak karışımına olanak tanır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından önerilen 100-300µg /gün (yetişkin >12 yaş) olarak belirlenmiştir. İyotun %75'i tiroid bezinde depolanır. Erişkin bireylerde ortalama 15-20mg olarak bulunur. Emilim yoluyla

alınan iyotun geri kalan kısmı üriner sistemler ile dışarıya atılır. Yüksek düzeyde dışarıdan iyot girişimi, tiroid bezinin ürettiği hormonal yapıyı bozarak eksikliğe neden olmaktadır.

Yapılan çalışmaların ışığında önerilen yöntem olan İyodür solüsyonu ile dezenfeksiyon sistemi tasarımında, araştırmaları yürütülen kuyu suyunun 1:50 (5ml ham su + 245ml % 0,0004 lük iyodür solüsyonu) oranında dezenfekte edildiğinde, kullanıma tabii olacak suyun, içme ve kullanma suyu kalitesi açısından kullanıma elverişli olduğu ve <30µg İyot ihtiva ettiği çalışmalar neticesinde sonuçlandırılmıştır.

Sonuçların da listelendiği gibi, yükün iyodürlü su ile muamele edilmesiyle sonuçlandırılan analiz çalışmalarında, potasyum iyodürden ve iyottan hazırlanan çözeltinin ham su yapısındaki değişikliklere etki etmediğini kademeli olarak yapılan seyreltmeler ile destekler nitelikte bulgulara ulaşılmıştır.

Kapalı sistemde kurulacak tasarım, su dezenfekte edildikten sonra bekletilecek olan temiz su tankında kontaminasyona maruz kalmayacaktır.

Böylece temiz su tankından çıkacak olan su hem kullanma suyu hem de içme suyu olarak tüketilebilecek değerlerde olacaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Coşkun ve arkadaşları., İzmir İli metropol alanında karışık su örneklerini çoklu tüp yöntemi ile incelemiş ve 600 örnekte %80.2 toplam, %47.2'sinde fekal koliformlar elde etmişlerdir [Coşkun ve ark., 1990].
- Haldiman M, Zimmerli B, Als C, Gerber H. Direct determination of urinary iodine by inductively coupled plasma mass spectrometry using isotop dilution with iodine-129. Clin Chem 1998; 44(4):817-827.
- International Standard Organization, "Water quality-Detection and enumeration of Coliform organisms, thermotolerant Coliform organisms and presumptive *Escherichia Coli* -Part 1: Membrane filtration method", TS ISO 9308-1 (1990).
- International Standard Organization, "Water quality-General guide to the enumeration of microorganisms by culture", TS ISO 8199 (1988).
- Murcia, J.J. & Avila-Martinez, E.G. Rojas, H. Navio J.A. ve Hidalgo, M.C. (2017). Study of the *E. Coli* elimination from urban wastewater over photocatalysts based on metallized TiO2. Applied Catalysis B: Environmental. 200:469-476.
- Naharcı B., "Ters Osmoz Yöntemi İle İçmesuyu Elde Edilmesinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, 2007
- Sağlık Bakanlığı, "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik", T. C. Sağlık Bakanlığı, Yayımlandığı Resmi Gazete: 17 Şubat 2005, Sayı: 25730 (2005).
- Sönmez, G. & B. Çizmecioğlu. (2007). Su ile Bulaşan Hastalıklar. Türk Eczacıları Birliği Haberler Dergisi, İnsan Sağlığı ve Hastalıklar. 4:29-32.
- Spencer, R., "Microbiological Quality Control", Elsevier Applied Science Publ., 135-153 (1984).
- U.S.EPA (1994) 'National Primary Drinking Water Regulations; Disinfectants and Disinfection Byproducts : Proposed, 'Federal Register, vol. 59, pp. 38,668-38,829.
- U.S.EPA (1999) Alternative Disinfection and Oxidants Guidance Manual, U.S. Environmental Protection Agency Publication EPA 815-R-99-014, Washington. D.C.
- Veissman, W., Hammer, M. J., "Water Supply and Pollution Control, Fifth Edition", Harper
- WHO, "Guidelines for Drinking Water Quality", Vol. 2, World Health Organization Health Criteria and Other Supporting Information, Geneva, (1977).
- WHO, "Guidelines for Health Related Monitoring of Coastal Water Quality", World Health Organization Regional for Europe, Copenhagen (1977).
- WHO. Guidelines for drinking water quality, 2nd ed. Austria 1996; 10-92
- Yumuturuğ, S., Sungur, T., "Su Hijyeni", Hijyen Koruyucu Hekimlik, Ankara Üniv. Tıp Fak., Ankara, 393: 89-150 (1980).
- http://www.hssgm.gov.tr/?sf=mev_icmekullanmasu&nerden=mev 18.05.2022 00:59
- <https://webdosya.csb.gov.tr/db/bolu/icerikler/cevre-20180222082618.pdf> (10.05.2022, 23:06)
- https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/icerikler/03_su_brosur-20191128080503.pdf (10.05.2022, 23:25)