

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

ÇEVRE SAĞLIĞI

**SULARIN ANALİZ PARAMETRELERİ
850CK0011**

Ankara, 2011

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. İÇME VE KULLANMA SULARININ FİZİKSEL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ	3
1.1. İçme Sularının Kalitesi	3
1.2. Su Kalitesi Parametrelerinin Önemi	5
1.3. Suyun Kalite Özelliklerine Göre Sınıflandırılması.....	6
1.3.1. Kullanım Amaçlarına Göre Su	6
1.3.2. Kaynaklarına Göre Sular	6
1.4. İnsani Tüketim Amaçlı Kullanılan Su Çeşitleri.....	9
1.5. Uluslararası İçme Suyu Standartları	9
1.6. Fiziksel ve Kimyasal Su Analiz Teknikleri	12
1.6.1. Gravimetrik Teknikler	13
1.6.2. Titrasyon/Volumetrik Analizler	13
1.6.3. Elektrokimyasal Teknikler	13
1.6.4. Spektrofotometrik ve Kolorimetrik Teknikler	14
1.6.5. Kromatografi	14
1.6.6. Kütle Spektrometresi	14
1.6.7. İmmünolojik Teknikler.....	15
1.7. İçme Suyunun Fiziksel Parametreleri	15
1.7.1. Suyun Sıcaklığı.....	15
1.7.2. Suyun Rengi	16
1.7.3. Suyun Bulanıklığı.....	18
1.7.4. Suyun Kokusu	20
1.7.5. Suyun Tadı	21
1.7.6. Suyun Asidik ve Bazik Özelliği (pH)	22
UYGULAMA FAALİYETİ	24
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	26
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	27
2. İÇME VE KULLANMA SULARININ KİMYASAL VE RADYOLOJİK PARAMETRELERİ.....	27
2.1. İçme ve Kullanma Sularında İstenmeyen Maddeler.....	27
2.2. İçme ve Kullanma Suyunda İstenmeyen Zehirli Maddeler	32
2.3. İçme ve Kullanma Sularındaki Kimyasal Maddeler.....	35
2.4. Suyun Sertliği	37
2.4.1. Sert Suyun Zararları	38
2.4.2. Sertliğin Ölçümü	38
2.4.3. Sertlik Giderme Yöntemleri	39
2.5. Çözünmüş Tuzlar/TDS (Toplam Katı Maddeler).....	40
2.6. İletkenlik Kondüktivite (Elektriksel İletkenlik).....	41
2.7. Suda Çözünen Gazlar	41
2.8. Radyoaktif Özellikler.....	42
UYGULAMA FAALİYETİ	43
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	44
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	46

3. İÇME VE KULLANMA SULARININ MİKROBİYOLOJİK PARAMETRELERİ.....	46
3.1. Mikrobiyolojik Su Kalitesi	46
3.2. Suyun Doğal Mikroflorası	47
3.2.1. Su ile Bulaşan Önemli Mikroorganizmalar.....	47
3.2.2. Viral Patojenler.....	49
3.2.3. Protozoallar	49
3.2.4. Parazitler.....	49
3.3. Mikrobiyolojik Analizler	51
3.4. İndikatör Mikroorganizmalar.....	53
3.4.1. Koliform Bakteriler	53
3.4.2. Toplam Koliform (Total Coliform)	53
3.4.3. Escherichia Coli /Koliform Bakterisi (E.koli).....	53
3.4.4. Clostridium Perfringens Sporları/ Sülfid İndirgeyen Clostridiumlar	54
3.4.5. Fekal Streptokoklar (Streptococcus Faecalis).....	54
3.4.6. Aeromonas Türleri ve Pseudomonas aeruginosa	54
3.4.7. Koloni Sayımı.....	54
3.5. Suyun Mikrobiyolojik Yönden Muayenesi ve Değerlendirilmesi	55
UYGULAMA FAALİYETİ	56
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	58
MODÜL DEĞERLENDİRME	59
CEVAP ANAHTARLARI.....	62
ÖNERİLEN KAYNAKLAR	62
KAYNAKÇA.....	64

AÇIKLAMALAR

KOD	850CK0011
ALAN	Çevre Sağlığı
DAL/MESLEK	Çevre Sağlığı Teknisyenliği
MODÜLÜN ADI	Suların Analiz Parametreleri
MODÜLÜN TANIMI	İçme ve kullanma sularının duysal, fiziksel, kimyasal, radyolojik ve mikrobiyolojik analiz parametreleri ile ilgili bilgi ve becerilerin verildiği eğitim materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖNKOŞUL	
YETERLİK	Su analiz parametrelerinin takibini sağlamak.
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç: Suyun özellikleri ve nitelikleri ile ilgili bilgiler verildiğinde; su analiz parametrelerini duysal, fiziksel, kimyasal, radyolojik ve mikrobiyolojik yünden, mevzuata ve standartlara göre değerlendirebileceksiniz. Amaçlar 1-Suların özellikleri ve nitelikleri ile ilgili bilgiler verildiğinde, duysal ve fiziksel parametrelerini değerlendirebileceksiniz. 2-Suyun özellikleri ve nitelikleri ile ilgili bilgiler verildiğinde, suların kimyasal ve radyolojik parametrelerini değerlendirebileceksiniz. 3-Suyun mikrobiyolojik özellikleri ve nitelikleri ile ilgili bilgiler verildiğinde, numune analiz sonuçlarına göre suların mikrobiyolojik parametrelerini değerlendirebileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Donanım: pH metre, türbidimetre, sulardan numune alma ekipmanı, slayt, projeksiyon makinesi, ilgili mevzuat, filmler, modül ile ilgili CD, kaynak kitaplar, fotoğraflar vb. Ortam: Teknik laboratuvar, su iletim tesisleri, depo, kuyu, gölet, baraj vb. tesisler, su arıtım tesisleri, su işleme tesisleri, atık su arıtım tesisleri, su analizi laboratuvarları vb.
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modülün içinde yer alan her faaliyetten sonra verilen ölçme araçları ile kazandığınız bilgileri ölçerek kendi kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen, modülün sonunda, ölçme aracı (test, çoktan seçmeli, doğru-yanlış, vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.



GİRİŞ

Sevgili Öğrenci;

Dünya nüfusunun hızla artması ile içme ve kullanma suyu ihtiyacı giderek artmaktadır. Çevre kirliliği sonucunda ise su kaynakları gün geçtikçe kirlenmekte ve uygun kalitede su kaynağının bulunup kullanıma sunulması kısıtlı hale gelmektedir. Elverişli su kaynaklarının bulunması durumunda ise arıtım, dağıtım ve depolanmalarındaki aksaklıklar nedeniyle içme suyu kalitesi olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu durumun önlenmesi; su kaynaklarının korunması, uygun bir şekilde arıtılması, yenilenmiş şebeke dağıtım hatları ve sağlıklı bir şekilde depolanması ile mümkündür.

Son yıllarda önemli boyutlara varan çevre kirliliği olgusu, su kaynaklarının kullanımının sadece nicelik değil niteliği dikkate alınması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır; dolayısıyla yararlanılabilir su potansiyeli, suyun miktarı ile birlikte kalitesini de ifade etmektedir. Suyun niceliği ile birlikte niteliğinin de bilinmesi, düzenli kontrol edilmesi zorunludur.

Bu modülde, insani amaçlı tüketilen suların standartlara ve mevzuata göre taşınması gereken kriterleri, suların içerisinde istenmeyen kimyasal kirleticileri, toksik maddeleri ve mikroorganizmaların neler olduğunu öğrenerek suların kontrolünü yapabileceksiniz. İçme ve kullanma suyunda mevzuata ve standartlara göre olması gereken parametrelerin neler olduğunu öğreneceksiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Suların özellikleri ve nitelikleri ile ilgili bilgiler verildiğinde, duyuşal ve fiziksel parametrelerini değerlendirebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Çevrenizdeki su temin edilen kaynakları inceleyerek kirlenme durumlarını araştırınız.
- Suların renk, tad, koku ve görüntü özelliklerini değişmesine etki eden faktörleri araştırınız.
- Suların pH'ını etkileyen faktörleri araştırınız.
- Hazırlamış olduğunuz bilgilerden bir dosya oluşturarak sınıf ortamında paylaşınız.

1. İÇME VE KULLANMA SULARININ FİZİKSEL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ

Temiz su, patojen mikroorganizmaları ve zararlı kimyasalları içermeyen su; sağlıklı su ise temiz olan ve yaşam için gerekli mineralleri optimal düzeyde içeren sudur.

1.1. İçme Sularının Kalitesi

Suyun sahip olacağı kalite; atmosferde buhar halinden yağmur damlası kar, veya dolu olarak yeryüzüne düşerken oluşur. Hidrolojik çevrim aşamalarından olan suyun akışı aşamasında yağışla beraber gelen birçok bakteri ve çevredeki kirlilikler de suyu kirleten etkenlerdir ve yeryüzündeki sular birbiriyle bağlantılı olduğundan herhangi bir bölgedeki kirlilik, ekosistemdeki etkileşimle bir yerden başka bir yere taşınabilir.

Su, toprağa geçerken filtrasyon ile içinde bulunan asılı maddeler, bakteriler ve diğer mikroorganizmalar da dahil olmak üzere kısmen veya tamamen temizlenir; fakat toprakta bulunan madensel tuzlar vb. eriyerek suya karışır. Bu nedenle yeraltı sularının içerisinde yüzeysel sulara göre daha büyük oranda mineral bulur. Bu minerallerin bir bölümünün suda bulunması gerekir. Flor ve kalsiyum buna örnek verilebilir. Toksik olan maddelerin hiçbirisinin suyun içerisinde bulunmaması gerekir. Doğal kirlenmenin dışında su, insanlar tarafından da çeşitli şekillerde kirletilir.

Su kalitesi kriterleri ile su kalitesi standartları arasında ayırım yapmak çok önemlidir. Kriter, suyun güvenli olarak kullanımını sağlayan ve suyun kalitesini bozan değişik maddeler üzerinde getirilen kalitatif ve kantitatif sınırlamadır. Standart ise kriterlerle beraber belirli kullanım amaçlarını ve kalitesini koruyabilecek şekilde planlanmış gerekli arıtmalar ile denetim yollarıdır. Kriter, bilimsel karardır; standart, su kullanımlarında uyulması gereken kuralları kapsayan uygulanabilir açıklamalardır. Suyun kalitesi; hidrolojik dolaşım, uygulanan arıtım ve dağıtım sistemi gibi değişik faktörlere bağlıdır. Bunları dört ana başlıkta toplayabiliriz.

➤ **Su Kaynağından Kaynaklanan Faktörler**

Su havzası; içme ve kullanma sularının temin edildiği yüzey ve yeraltı su kaynaklarından, doğal su toplama alanıdır. Hızlı bir şehirleşme ve sanayileşme olgusunun yaşandığı günümüzde su toplama havzaları, yoğun çevre sorunlarıyla karşı karşıyadır. Çevre kirliliğinden etkilenen su kaynakları, hem ekonomik kayıptır hem de canlı yaşamını tehdit eder.



Resim 1.1: Su kaynaklarının durumu

Su kaynağının niteliğinin ve kullanım amaçlarının olumsuz yönde etkilenecek biçimde bozulması olayına, su kirlenmesi denir. Son yıllarda gittikçe artan su sıkıntısının gerçek nedeni, gelişen endüstriye paralel olarak su kaynaklarının kirlenmesidir. Endüstriyel faaliyetlerin doğal sonucu olarak sularda kimyasal, (organik ve inorganik maddelerin oluşturduğu kirlilik) fiziksel, (suyun rengi, bulanıklığı, sıcaklığı, tadını ve kokusunu vb. kirlilik) biyolojik, (sularda patojen bakteri, mantar, alg vb. kirlilik) ve radyoaktif (atmosferdeki atom patlamalarının ve nükleer enerji santrallerinin sebep olduğu kirlilik) kirlilik meydana gelmektedir.

➤ Arıtma Tesisinden Kaynaklanan Faktörler

Su içerisindeki organik maddeler arındırılmamışsa arıtma tesisinde dezenfeksiyon amacı ile kullanılan klorun bu organik maddelerle reaksiyona girmesi sonucunda insan sağlığına zararlı yan ürünler ortaya çıkar. Bu yan ürünlerin başında trihalometanlar (THM) gelir.

➤ Şehir Şebeke Sisteminden Kaynaklanan Faktörler

Eskiye ve sağlığa uygun olmayan malzemeden yapılmış borular, içme suyu şebekesinde su kaçaklarına, içme suyunun içine çamur ve kanalizasyonun karışmasına ve sonuç olarak suların kirlenmesine neden olur.



Resim 1.2: Suyun temin edilme şekli

➤ Bina İçi Tesisattan Kaynaklanan Faktörler

Arıtma tesislerinde standartlara uygun hale getirilen su, uygun borularla binaların girişine kadar getirilir; ancak, binaların su tesisatı uygun değilse suya, kirlenici unsurlar karışır. Ayrıca şehir şebekesi ile kullanım alanlarına ulaşan su, burada kullanıcıya ait depolarda muhtemel su kesintisine karşı bekletilir. Suyun bekletildiği bu depoların bakımı düzenli olarak yapılmaz ise su içindeki organik ve inorganik maddeler çökerek tortu oluşumuna yol açar. Bu tortu, mikroorganizmaların üremesi için uygun bir ortam oluşturarak suyun niteliğini bozar.

1.2. Su Kalitesi Parametrelerinin Önemi

Tarımsal veya endüstriyel nedenlerle kirlenen su kaynaklarının ıslah edilmesi ve doğal su kaynaklarının korunması için su kalitesinin izleme ve değerlendirilmesi çalışmalarına hız verilmelidir. Bu nedenle su kalite parametreleri ölçümleri düzenli olarak yapılmalıdır.

Su kalitesi parametrelerinin faydalarını da şu şekilde sıralayabiliriz.

- Halk sağlığının korunması,
- İçme suyu niteliğinin konulan standartlara uygunluğunun sağlanması,
- Su kalite değişkenlerinin yere ve zamana göre değişimlerinin izlenmesi,

- Doğal ve insan müdahalesi sonucunda su kalitesinin nasıl etkilendiğinin belirlenmesi,
- Su kalitesinin korunması ve kontrolü için alınan önlemlerin etkinliğinin belirlenmesi,
- ÇED, (Çevre Etki Değerlendirilmesi) amacıyla gerekli olan bilgilerin temini,
- Belli bir bölgede, genel kapsamda su kalitesi özelliklerinin değerlendirilmesi veya durum envanterinin çıkarılması,
- Akarsularda kütle taşınımının incelenmesi,
- Su kalitesinin modellenmesidir.

Suyun belli bir amaç için kullanımı söz konusu olduğunda, suda o amaca uygun kalite özelliklerinin bulunması istenir. Suyun, kullanımlarına göre endüstriyel, (balık yetiştiriciliği, içme suyu, rekreasyon, sulama, hayvan yetiştiriciliği) endüstriyel olmayan (ısıtma, soğutma, enerji üretim, demir ve çelik, kağıt, petrol, gıda) şeklinde iki ana grupta toplanması uygundur.

1.3. Suyun Kalite Özelliklerine Göre Sınıflandırılması

Su; kullanım amaçlarına, bazı kriterlere ve kalite özelliklerine göre sınıflandırılır.

1.3.1. Kullanım Amaçlarına Göre Su

- **İçme Suları;** jeolojik koşulları uygun jeolojik birimlerin içinde doğal olarak oluşan, bir çıkış noktasından sürekli akan veya teknik usullerle çıkarılan ve Sağlık Bakanlığınca uygun görülen dezenfeksiyon, filtrasyon, çöktürme, saflaştırma ve benzeri işlemler uygulanabilen ve parametre değerlerinin eksiltilmesi veya artırılması ile elde edilen sulardır.
- **Rekreasyon Suları:** Park, bahçe, mesire gibi yerlerde bulunan, eğlence, yüzme, dinlenme amacıyla kullanılan havuz vb. sularıdır.
- **Şifalı Özellikleri Bulunan Sular:** Özgün halinde eriyik halde mineral bileşikleri (magnezyum, kalsiyum, sülfür, sodyum vb.) ve gaz (karbondioksit) ihtiva eden sudur.
- **Sulama Suyu:** Daha çok tarım alanında kullanılan endüstride sulama amacı ile kullanılan sulardır.

1.3.2. Kaynaklarına Göre Sular

Sular, kaynaklarına göre, yüzeysel sular (dere, çay, nehir, göl, baraj vb.) ve yeraltı suları olarak iki grupta incelenebilir.

- **Yüzeysel Sular:** Yeryüzüne düşen yağmurlar ve eriyen karlar nehirlerde, göllerde ve çeşitli yataklarda toplanarak yüzey sularını oluşturur. Yüzeysel sular; deniz suları, akarsu, göl ve baraj rezervuarlarındaki sulardır.

Birçok yerde akarsular, kanalizasyon atıkları da dahil olmak üzere, organik maddeler tarafından aşırı derecede kirletilmektedir. Sanayi kentlerinde de yine akarsular organik ve inorganik maddeler ile kirlenmektedir. Göl sularında akarsulara göre daha az bakteri bulunmaktadır. Göllerin ortalarından alınan sular, kıyılara yakın yerlerden alınan sulardan daha temizdir.

Yüzeysel suların kalitesi çoğunlukla düşüktür, çünkü kirli ve mikroplu olması yanında çok defa askıdaki katı maddeler içermesi nedeniyle bulanıktır. Genellikle suyu bir yerde bekleterek, içindeki maddeleri çökeltmek, güneşin renk giderme özelliğinden yararlanarak rengini açmak ile kalitesini düzeltme mümkündür. Ayrıca suların bekletilmesi ile içindeki bakteriler, doğal ömürlerini tamamlayarak ölür.

Yüzeysel sular; kalitelerine göre yüksek kaliteli, az kirlenmiş, kirli ve çok kirlenmiş su olmak üzere dört sınıfta değerlendirilir.

- **Yüksek Kaliteli Sular (I. Sınıf)**
 - Yanlız dezenfeksiyon ile içme suyu olarak,
 - Rekreatiyonel amaçlar için,(yüzme gibi vücut teması gerektirenler)
 - Alabalık üretimi için,
 - Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılan sulardır.
- **Az Kirlenmiş Sular (II. Sınıf)**
 - İleri veya uygun bir arıtma ile içme suyu olarak,
 - Rekreatiyonel amaçlar için,
 - Balık üretimi için,(Alabalık hariç),
 - Sulama suyu olarak,
 - Birinci sınıf sular dışında kalan diğer kullanımlar için kullanılan sulardır.
- **Kirlenmiş Sular: (III. Sınıf)** Gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren sanayiler hariç, uygun bir arıtmadan sonra sanayide kullanılan sulardır.
- **Çok Kirlenmiş Sular: (IV. Sınıf)** Yukarıda açıklanan sular dışında kalan kalite olarak düşük kalitedeki sulardır.

Yüzeysel suların kalitelerine göre organik/ inorganik/ radyolojik/ bakteriyolojik parametreleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

	SU KALİTE SINIFLARI			
SU KALİTE PARAMETRELERİ	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik- kimyasal Parametreler				
1) Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2) pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3) Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L) ^a	8	6	3	< 3
4) Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70	40	< 40
5) Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /L)	25	200	400 ^b	> 400
6) Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁼ /L)	200	200	400	> 400
7) Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	0.2 ^c	1 ^c	2 ^c	> 2
8) Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
9) Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	5	10	20	> 20
10) Toplam fosfor (mg P/L)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
11) Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	> 5000
12) Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13) Sodyum (mg Na ⁺ /L)	125	125	250	> 250
B) Organik parametreler				
1) Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	25	50	70	> 70
2) Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg/L)	4	8	20	> 20

	SU KALİTE SINIFLARI			
SU KALİTE PARAMETRELERİ	I	II	III	IV
3) Toplam organik karbon (mg/L)	5	8	12	> 12
4) Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	1.5	5	> 5
5) Yağ ve gres (mg/L)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6) Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS) (mg/L)	0.05	0.2	1	> 1.5
7) Fenolik maddeler (uçucu) (mg/L)	0.002	0.01	0.1	> 0.1
8) Mineral yağlar ve türevleri (mg/L)	0.02	0.1	0.5	> 0.5
9) Toplam pestisid (mg/L)	0.001	0.01	0.1	> 0.1
C) İnorganik kirlenme parametreleri^a				
1) Cıva (µg Hg/L)	0.1	0.5	2	> 2
2) Kadmiyum (µg Cd/L)	3	5	10	> 10
3) Kurşun (µg Pb/L)	10	20	50	> 50
4) Arsenik (µg As/L)	20	50	100	> 100
5) Bakır (µg Cu/L)	20	50	200	> 200
6) Krom (toplam) (µg Cr/L)	20	50	200	> 200
7) Krom (µg Cr ⁶⁺ /L)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
8) Kobalt (µg Co/L)	10	20	200	> 200
9) Nikel (µg Ni/L)	20	50	200	> 200
10) Çinko (µg Zn/L)	200	500	2000	> 2000
11) Siyanür (toplam) (µg CN/L)	10	50	100	> 100
12) Florür (µg F ⁻ /L)	1000	1500	2000	> 2000
13) Serbest klor (µg Cl ₂ /L)	10	10	50	> 50
14) Sülfür (µg S ⁻ /L)	2	2	10	> 10
15) Demir (µg Fe/L)	300	1000	5000	> 5000
16) Mangan (µg Mn/L)	100	500	3000	> 3000
17) Bor (µg B/L)	1000 ^e	1000 ^e	1000 ^e	> 1000
18) Selenyum (µg Se/L)	10	10	20	> 20
19) Baryum (µg Ba/L)	1000	2000	2000	> 2000
20) Alüminyum (mg Al/L)	0.3	0.3	1	> 1
21) Radyoaktivite (pCi/L)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	> 10
beta-aktivitesi	10	100	100	> 100
D) Bakteriyolojik parametreler				
1) Fekal koliform(EMS/100 mL)	10	200	2000	> 2000
2) Toplam koliform (EMS/100 mL)	100	20000	100000	> 100000

Tablo 1.1: Yüzeysel suların parametrelerine göre kalite sınıflandırılması

- **Yeraltı Suyu:** Yeraltı suyu, yerkabuğundaki geçirimli jeolojik ortamın doygun bölgesinde bulunan ve kaynakları akarsu, göl ve deniz gibi su kütlelerini besleyen sudur.

Yeraltı suları kalitelerine göre üç sınıfta ele alınmıştır.

- **Yüksek Kaliteli Yeraltı Suları: (I. Sınıf)** İçme suyu ve gıda sanayi olmak üzere her türlü amaç için kullanılabilen yeraltı sularıdır. Gerekli görüldüğünde, dezenfeksiyon yapılır. Yalnızca havalandırma ile gerekli oksijen sağlanıyorsa bu gibi sularda I. sınıf yeraltı suyu olarak kabul edilir.
- **Orta Kaliteli Yeraltı Suları: (II. sınıf)** Arıtma işleminden sonra içme suyu olarak kullanılabilir sulardır. Bu sular tarımsal su ve hayvan sulama suyu veya sanayide soğutma suyu olarak herhangi bir arıtma işlemine gerek duyulmadan kullanılabilir.

- **Düşük Kaliteli Yeraltı Suları: (III. sınıf)** Bu suların kullanım yeri, ekonomik, teknolojik ve sağlık açısından sağlanabilecek arıtma derecesi ile belirlenir.

1.4. İnsani Tüketim Amaçlı Kullanılan Su Çeşitleri

İnsani tüketim amaçlı su; orijinal haliyle ya da işlendikten sonra dağıtım ağı, tanker, şişe veya kaplar ile tüketime sunulan içme, pişirme, gıda hazırlama ya da diğer evsel amaçlar için kullanılan sulardır.

Bu amaçla kullanılan su çeşitleri aşağıda verilmiştir;

- **Kaynak Suyu:** Jeolojik koşulları uygun jeolojik yapıların içinde doğal olarak oluşan, bir veya daha fazla çıkış noktasından yeryüzüne kendiliğinden çıkan veya teknik usullerle çıkartılan ve filtrasyon (suda asılı kalan çözülmemiş partikülleri uzaklaştırmak) dışında herhangi bir kimyasal işlemden geçmemiş yeraltı suyudur.
- **İçme-Kullanma Suyu:** Genel olarak içme, yemek yapma, temizlik ve diğer evsel amaçlı işlerde kullanılan sudur.
- **Doğal Mineralli Su:** Yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde uygun jeolojik şartlarda doğal olarak oluşan, bir veya daha fazla kaynaktan yeryüzüne kendiliğinden veya teknik usullerle çıkartılan, mineral içeriği, kalıntı elementleri ve diğer bileşenleri ile tanımlanan, her türlü kirlenme risklerine karşı korunmuş ve mevzuatta belirtilen özellikleri taşıyan yeraltı suyudur.
- **Şişe Suyu:** Güvenli ve uygun antimikrobik maddeler dışında hiçbir madde ilave etmeden, şişelerde veya başka kaplarda muhafaza edilen, insan tüketimine uygun sulardır. Bu sulara isteğe göre ve belirlenen sınırlar çerçevesinde flor eklenebilir.
- **İşlenmiş İçme Suyu:** Yeraltından gelen, ileri teknoloji ile saflaştırılıp ozonlama işleminden geçirilerek damak zevkine uygun minerallerin ilave edilmesi ile tüketiciye sunulan sulardır.

1.5. Uluslararası İçme Suyu Standartları

Su, elde edildiği kaynağa ve çevreye bağlı olarak metal ve kimyasal maddeler içerebilir. Bu kimyasallar, suda sağlığı tehdit edecek kadar fazla miktarda bulunduklarında, çoğunlukla renk, tat, koku değişimine neden olmaz. Zararlı etkileri, vücuda alındıktan, hemen sonra veya yıllar sonra ortaya çıkabilir. Bu kimyasalları belirlemenin tek yolu suyu analiz etmektir. Sularda, bu metal ve kimyasal maddelerden, bir kısmı belirli limit değerlere kadar bulunabilir. Bazılarının hiç olmaması istenir. Bu değerler ve özellikler, ulusal ve uluslararası su standartlarıyla belirlenmiştir. Örnek olarak, kurşun Avrupa Birliği standartlarına göre içme veya kullanma sularında 1 litrede 0.01 miligramdan (0.01 ppm 'den) fazla bulunmamalıdır,

Suya, içerdği kimyasallar açısından bakıldığında, suda olması istenmeyen kimyasallar, zehirli kimyasallar ve estetik açıdan önemli olan parametreler olarak ayırabiliriz.

Su sertliği, suyun içerdği metallerin bir göstergesidir. Su sertliğine neden olan metallerin büyük çoğunluğu kalsiyum, magnezyum, gibi metallerdir. Bir suyun sert olması veya olmaması onun içilebilir veya içilemez olduğu anlamına gelmez.

Suyun, içme- kullanma suyu olarak kullanılabilmesi için tam analizinin yapılması içerdği arsenik, krom, kurşun, siyanür, civa, baryum, selenyum, mangan, bakır, antimon, berilyum, florür, alüminyum, tarım ilaçları, böcek ilaçları, amonyak, fenoller, nitrit gibi kimyasallar, mikroorganizmalar ve radyoaktif bileşenler yönünden değerlendirilmesi gerekir.

İçme Suyu Standartlarının; Avrupa Birliği, Dünya Sağlık Örgütü, Amerika Birleşik Devletleri, Almanya ve TSE değerlerinin karşılaştırılması aşağıdaki tabloda verilmiştir.

➤ **Kimyasallar**

Parametreler mg/l	Türk TSE	Avrupa Birliği	WHO Dünya Sağlık Örgütü	EPA/ USA	Almanya /DIN
Kalsiyum	100-200	100	--	--	--
Magnezyum	30-50	50	30-50	--	--
Sodyum	20-175	20-150	200	--	--
Potasyum	12	12	--	--	--
Alüminyum	0,2	0,2	0,2	--	--
Demir	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3
Manganez	0,1	0,05	0,1	0,05	0,05
Bakır	1	--	1	1	1,3
Çinko	5	--	5	5	5
Baryum	0,3	0,1	0,7	2	--
Bor	0,1-0,3	1	0,3	--	--
Klor	30	--	250	--	--
Sülfad	20	250	400	--	--
Florid	1	1,5	1,5	4	0,2-1,5
Nitrat	25	50	10	10	2-50 (Toplam)
Fosfat	0,4-5	0,4-5	--	--	--

Amonyak	0,05-0,5	0,05-0,5	0,2	--	--
Nitrit	0,05	0,1	--	1	0,02-0,1
Organik Madde	2	5	--	--	--

Tablo 1.2: İçme suyunun içerdiği kimyasallar açısından uluslararası standartlarla kıyaslanması

➤ **Toksik Maddeler**

Parametreler mg/l	Türk TSE	Avrupa Birliği	WHO Dünya Sağlık Örgütü	EPA/ USA	Almanya /DIN
Arsenik	0,05	0,01	0,05	0,05	0,05-0,1
Kadmiyum	0,005	0,005	0,005	0,005	0,002-0,005
Siyanürler	0,05	0,05	0,1	0,2	0,01-0,05
Cıva	0,001	0,001	0,001	--	0,0005-0,001
Nikel	0,05	0,05	0,02	--	0,01-0,05
Kurşun	0,05	0,01	0,05	--	0,02-0,04
Antimon	0,01	0,005	0,004	0,006	0,002-0,01
Selenyum	0,01	0,1	0,01	0,05	0,002-0,001
Gümüş	--	--	--	0,1	--
Krom	0,05	0,05	--	0,1	0,01-0,05
Türbitide (Bulanıklık)	5,25 NTU	04-4 NTU	5 NTU	0,5- NTU	--

Tablo 1.3: İçme suyunun içerdiği zehirli maddeler açısından uluslararası standartlarla kıyaslanması

➤ **Fizikokimyasal Özellikler**

Parametreler mg/l	Türk TSE	Avrupa Birliği	WHO Dünya Sağlık Örgütü	EPA/ USA	Almanya /DIN
Sıcaklık	C 12-25	C 12-25	--	--	--
pH	6,5-9,2	6,5-8,5	6,5-9,5	6,5-8,5	--
Renk (Pt-Co)	1-20 R birimi	1-20 R	15 R	15 R	--
Bulanıklık	5-25	0,4-4	5	--	--
İletkenlik ms/xm	400-200	400	--	--	--
Klorürler	25-600	25	250	250	--
Serbest klor	0,1-0,5	--	--	--	--
Sülfatlar	25-250	250	--	250	--
Kalsiyum	100-200	100	--	--	--
Magnezyum	30-50	30-50	--	--	--
Sodyum	20-175	20-150	200	--	--
Potasyum	10-12	10-12	--	--	--
Alüminyum	0,05-0,2	00,2	--	0,05- 0,2	--
Buharlaşma kalıntısı	1500	--	--	500 (TDS)	--

Tablo 1.4: İçme suyunun fiziko kimyasal özelliklerinin uluslararası standartlarla kıyaslanması

1.6. Fiziksel ve Kimyasal Su Analiz Teknikleri

- Fiziksel ve kimyasal analiz teknikleri kullanılarak suyun;
- Rengi (fotometrik)
- Bulanıklığı (fotometrik)
- Kokusu (duyusal)
- Lezzeti (duyusal)
- Kondüktivitesi(elektrikle iletkenlik) (elektrokimyasal)
- Klor miktarı ölçülür.(kolorimetrik)
- Amonyak, nitrat,nitrit araması ile sertlik analizi,(titrasyon) askıdaki katı madde araması, nırrat ,flor analizi, ph belirlemesi yapılır.

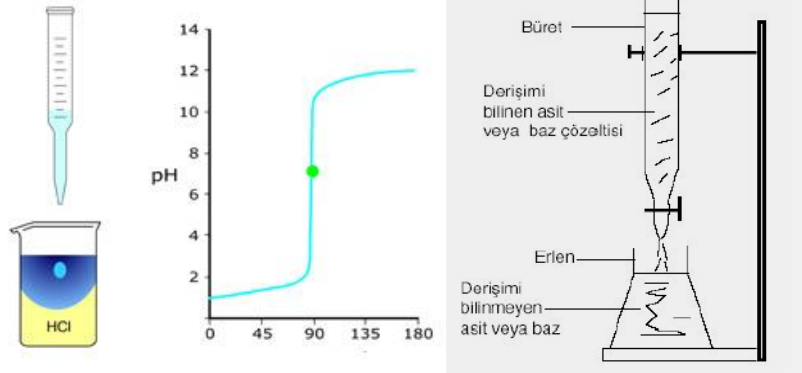
1.6.1. Gravimetrik Teknikler

Gravimetrik analizler basit olarak ağırlığa dayalı analizler olarak adlandırılabilir. Genelde hassas teraziler kullanılarak yapılır ve hassasiyetleri miligramın onda birine kadar inebilir. Askıda katı madde ve sudaki toplam katı madde analizleri ile suyun özgül ağırlığının ölçümü gravimetrik analizler grubuna girer. İçme suyu ve atık suların arıtım aşamalarının değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılır.

Gravimetrik analizlerde bir çözeltide aranan madde, ayırıcın fazlası eklenerek çöktürülüp ortamdan ayrıldıktan sonra doğrudan ya da dolaylı olarak tartılırken, volumetrik analizde ayırıcın fazlası değil aranan maddeye eşdeğer olan kadarı eklenir.

1.6.2. Titrasyon/Volumetrik Analizler

Volumetrik analizlerde sürekli hacim ölçülür. Volumetri adı da volume (hacim) sözcüğünden ileri gelir.



Şekil 1. 1: Bir çözeltideki konsantrasyonu ölçmek kullanılan "titrasyon" düzeneği

İyi tanımlanmış kimyasal bir reaksiyonun kullanılarak örnekteki belirli miktar madde ile reaksiyona girecek standart solüsyon miktarının belirlenmesi esasına dayanır. 100 ml gibi belirli bir miktardaki numune bir behere veya kaba konur. Büret adı verilen ve kullanılan sıvı miktarını ölçmeye yarayacak dereceli bir tüpe konulan standart solüsyon örnek sıvının üzerine damlatılır. Analizin sonlandırılacağı durum genellikle incelenen sıvının renginde bilinen bir değişimin meydana gelmesidir. Sonlandırma zamanı elektrokimyasal tekniklerle de belirlenebilir. Kullanılan standart solüsyon miktarı bilindiğinde örnek içerisindeki madde miktarı da hesaplanır.

1.6.3. Elektrokimyasal Teknikler

Tüm atomların ve moleküllerin dış kısımları elektron tabakalarından oluşmuştur. Kimyasal reaksiyonlar bu elektronlarla ilişki içerisinde meydana gelir. Dolayısı ile gerçekleştirilecek bazı elektriksel ölçümler atom veya moleküllerin kimyasal özellikleri hakkında bilgi verir.

Elektrotlar kullanım amaçlarına göre altın, gümüş, platinyum veya bakır gibi metal parçacıklarından üretilirler ve pH elektrotları gibi yarı geçirgen zarlar, dahili elektrotlar ve dolgu sıvıları kullanılarak dizayn edilirler. Doğrudan ölçüm yapmaları büyük bir avantaj sağlamakla birlikte sık olarak kalibrasyona ihtiyaç duymaları dikkat edilmesi gereken hususlardandır.

1.6.4. Spektrofotometrik ve Kolorimetrik Teknikler

Bu teknikler, bir solüsyonun renk yoğunluğunu ölçerek elde edilen değeri belirli bir maddenin yoğunluğu ile ilişkilendirme prensibine dayanır.

Bu tür analizler genel olarak eser elementlerin saptanması için kullanılır ve atomik spektroskopi olarak adlandırılır. Genelde ısıtılarak gaz haline getirilmiş olan örneğin içinden geçirilen belirli özelliğe sahip ışık bir absorpsiyon değeri verir ve elde edilen sonuç sıvı örnekteki eser elementin miktarını yansıtır. Bu yöntem atomik absorpsiyon spektrofotometresi (AAS) adı verilir. Bu yöntemin en büyük avantajı aynı anda ve lambda değiştirmeye gerek kalmadan çok sayıda elementin analiz edilebilmesidir.

1.6.5. Kromatografi

Renk grafiği veya renk resmi anlamına gelen kromatografi ilk olarak bir kağıt parçasındaki bir nokta üzerindeki farklı renklere ait pigmentleri tespit etmek için kullanılır.

Gaz kromatografisi (GC) ve sıvı kromatografisi (IC) gibi çeşitleri uygulanır.



Resim 1.3: Sıvı Kromatografisi (High pressure or high performance liquid chromatography/ HPLC)

1.6.6. Kütle Spektrometresi

Kütle spektrometresinde (MS) iyonize hale getirilmiş buhar, manyetik veya radyofrekans özellikteki bobinler arasından geçirilerek karışım içindeki iyonlar kütlelerine göre (esas olarak elektriksel yük/kütle oranlarına göre) ayrılır. Sonuçta her madde kendine özgü karakteristik bir patern oluşturur. Bu patern, cihazın bilgisayarındaki verilerle karşılaştırılarak tanımlanır.

1.6.7. İmmünolojik Teknikler

İmmünolojik yöntemler arasında en yaygın olarak kullanılanı, enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) tekniğidir. Kullanıcının yüksek teknik kapasitesine gereksinim duymayan, göreceli olarak ucuz ve duyarlılığı yüksek olan bu yöntemin temel prensibi araştırılacak maddenin daha önceden hazırlanmış standart ortam ile reaksiyona girip renk oluşturmasıdır. Bu yöntem su analizinden daha çok tehlikeli atıkların kontaminasyonunu incelemek için kullanılmaktadır.

1.7. İçme Suyunun Fiziksel Parametreleri

Suyun fiziksel özelliklerinden sıcaklık, bulanıklık, renk, lezzet, koku, geçirgenlik ve pH'ı önemlidir.

	İçilebilir nitelikteki su, fiziksel açıdan en az aşağıdaki nitelikleri taşımalıdır: ➤ İçilebilir suyun sıcaklığı 15°C'nin altında olmalıdır. ➤ Kokusuz, kendine özgü bir tadı olmalıdır. ➤ Bulanık olmamalıdır. ➤ Renksiz ve tortusuz olmalıdır. ➤ Fenol ve yağ gibi suya kötü koku, tat veren maddeler bulunmamalıdır.
--	--

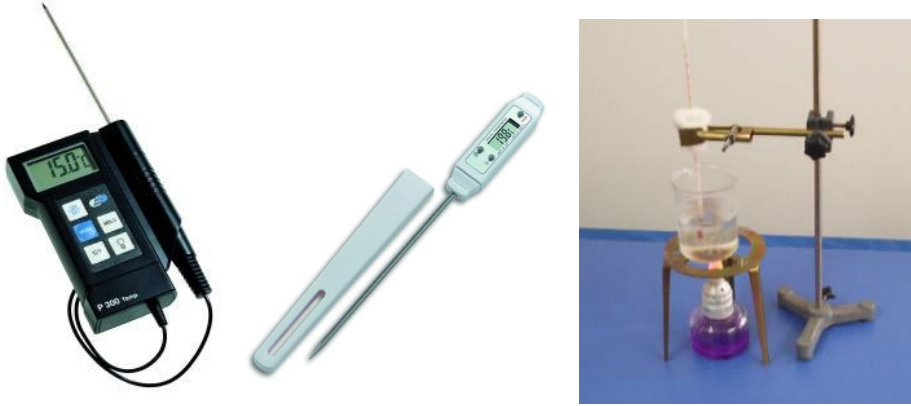
Fiziksel analizi ile suyun; sıcaklığı, saydam ya da bulanık olup olmadığı, rengi, kokusu, tadı, lezzeti, elektriksel direnci araştırılır. Bu özelliklerin bir bölümü basit araçlarla ölçüme, diğerleri ise duyu organları ile kontrole dayanır. Suyun duyu organları ile değerlendirilen özelliklerine, organoleptik özellikler de denir. Sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, tuzluluk, bulanıklık, debi gibi parametrelerin arazi koşullarında ölçülmesinde yarar vardır. İleri derecede bulanık, renk değişimi olan, kokusu bozuk, tadı bozuk olan bütün sular baştan içilebilir nitelikte olmayan sular olarak kabul edilmeli ve sağlık kuruluşlarınca tam bir değerlendirmeden geçirilmeksizin içilmesinden kaçınılmalıdır.

1.7.1. Suyun Sıcaklığı

Bu parametre tamamen damak tadına hitap eder. En uygun sıcaklık 10-12°C civarındaki sudur. 20 °C'nin üzerindeki ısıdaki sular çok lezzetsiz ve bulantı verici olabilir. Endüstriyel amaçlı olarak kullanılan sularda sıcaklık tayini pek istenmese de içilecek sularda oldukça önemlidir. Çeşitli standartlarda sıcaklık değeri şöyledir:

- **TSE: 12-25°C**
- **EC: 12-25°C**

Sıcaklık, biyolojik aktiviteyi (mikroorganizma gelişim hızı) etkiler. Sıcaklık arttıkça suda oluşan reaksiyonların hızı artar; sudaki çözülmüş oksijen miktarı azalır. Katıların suda çökelme ve ayrışma hızları da sıcaklıkla değişim gösterir.



Resim 1.4: Suyun ısısı ölçümünde kullanılan termometre (ısıölçer) çeşitleri.

Suyun ısısı termometre ile ölçülür. Normal olarak sıcaklık ölçümleri cıvalı Celcius termometreleriyle yapılır. Termometrenin en az 0.1°C'lik alt bölümlerinin olması gerekir.

Derin suların ısısını ölçmede özel olarak geliştirilmiş termometreler kullanılır.

Sıcaklıklarına göre sular aşağıdaki şekilde adlandırılmıştır.

5-12°C	Çok soğuk su
12-16°C	Soğuk su
16-26°C	Serin su
26-33°C	Ilık su
33-35°C	Mutedil su
35-37°C	Sıcak su
37-...°C	Çok sıcak su

Tablo 1.5. Sıcaklıklarına göre sular

1.7.2. Suyun Rengi

İçilebilir nitelikte bir su renksiz olmalıdır. Estetik açıdan ve sudaki ışık geçirgenliğini azaltması bakımından renk, istenmeyen bir parametredir. Daha önemlisi ise suyun rengi, içinde bulunabilecek kirletici maddelerin bir göstergesidir; çünkü bu durum organik bileşiklerin varlığını gösterir. Sudaki renk; bitkilerin bozuşması, toprak yapısı, evsel ve endüstriyel kirlenme sonucu olabilir. Suya renk veren maddeleri iki genel grupta toplamak mümkündür.

- **Organik Maddeler:** Suda renk değişikliğine yol açan organik maddeler; yaşayan bitkisel varlıklar, çürümüş bitkiler ve topraktaki organik maddelerdir. Bitkisel maddeler suya sarı/yeşil renk verir.
- **İnorganik Maddeler:** Suda çözünmüş halde bulunan demir, mangan, krom, nikel bileşikleri, tekstil, boya vb. sanayi atık sularıdır. Demir tuzları ise esmer, kırmızı-kahverengi renk verir. Sudaki kolloidal maddeler ise suyun rengini mavileştirir.

Suyun organiklerden kaynaklı rengine "gerçek renk" (true color), bunun dışında özellikle yüzey sularında askıda bulunan maddelerden oluşan gözlenebilen renk değişikliğine de "görünen renk" (apparent color) denir. Renk parametresi için gerçek renk ile görünen renk arasında bir ayırım yapılması gerekir. Görünen renk askıda veya erimiş halde (Fe ve Mn) atmosferle temas halinde çökelen maddelerden kaynaklanır. Gerçek renk (0.45 µ membran ile filtrasyondan sonra ölçülür) çoğu zaman hümitik asitler ve benzeri maddelerden kaynaklanır. Suyun rengi, bir standarda karşı ölçülür. Genel olarak içme ve kullanma sularının renk tayininde standart olarak platinyum-kobalt kullanılır.

Sudaki renk, içme, kullanma ve endüstriyel amaçla tüketime sunulmadan önce giderilmelidir. Renk genellikle pıhtılaştırma (koagülasyon), çökeltme ve filtrasyon yardımı ile giderilir. Bu amaçla en çok kullanılan pıhtılaştırıcı madde Alüminyum Sülfattır ($Al_2(SO_4)_3$).

Sudaki görünüm problemlerinin sebepleri ve giderme yolları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Belirti	Sebebi	Arıtma Yöntemi
Su ilk geldiğinde temiz fakat durdukça kırmızı-kahverengi veya siyah partiküller ortaya çıkıyor	Çözünmüş (ferrous) demir veya mangan var.	Havalandırma, klorlama, oksidasyon, filtrasyon, pıhtılaştırma ve çöktürme iyon değişimi
Su geldiği zaman kırmızı-kahverengi artıklar, beklediği zaman da bu belirtiler varlığını sürdürüyor.	Korozyon yüzünden demir partikülleri geliyor.	Oksidasyonu hızlandırmak için nötralizasyon ünitesi ile pH > 7.5'a yükseltilir.
Su geldiği zaman kırmızı-kahverengi partiküller, beklediği zaman da bu belirtiler varlığını sürdürüyor.	Hava ile temas sonucu oksitlenmiş demir ve mangan var.	Filtrasyon, çöktürme
Kırmızı-kahverengi veya siyah tabakalar	Demir ve mangan bakterisi	Klor veya potasyum permanganat ile şok arıtım uygulanır. Ardından filtre edilir. Sonra sürekli enjeksiyon ve filtrasyon sistemi kullanılır.
Kırmızımsı veya siyah renk (24 saatten fazla varlığını sürdürüyor)	Kolloidal demir ve mangan organik kompleks halinde.	Klor veya potasyum permanganat ile kimyasal Oksidasyon, ardından da filtrasyon uygulanır.

Tablo 1.6: Sudaki görünüm problemlerinin sebepleri ve giderme yolları

1.7.3. Suyun Bulanıklığı

Bulanıklık, askıda katı maddeler içeren suların ışık geçirgenliğinin bir ölçüsüdür. İçme ve kullanma suları berrak olmalı, bulanık sular kesinlikle içilmemelidir. Sızdırma kuyulardan kentlere su verilen bölgelerde ve sistemde bir onarım olduğunda sular çok bulanık akar. Bulanıklık devam ettiğinde görevliler gerekli önlemleri almak zorunludur.

1.7.3.1. Bulanıklığın Nedeni

Suyun bulanıklığının nedeni, içindeki askıda maddeler ve gözle görülecek büyük tortular olabilir. Bunlar kum, kil, silis, kalsiyum karbonat, demir, mangan, sülfür gibi maddeler, bitkisel artıklar, balçık, su yosunları, küçük hayvancıklar olabilir. Bazen aşırı bakteri ve mini canlı üremesine bağlı olarak da bulanıklık meydana gelir.

Özellikle nehir sularında yüksek olan bulanıklık, yağmurlarla taşınan topraktan veya nehre karışan evsel - endüstriyel atık sulardan kaynaklanır. Ayrıca bu kirlenme sırasında organik maddeler kadar inorganik maddeler de suya karışır. Bu maddelerin bulunması suda bakteri oluşumunu destekler. Bakteri oluşumu da suda bulanıklığı artırır. Örneğin N.P gibi maddeleri kullanan algler büyüyerek suda bulanıklığa sebep olurlar.



Resim 1.5: Şebeke ve akarsuların bulanıklığı

1.7.3.2. Bulanıklığın Ölçümü

Su numuneleri bekletildiğinde bulanıklıkta değişim olacağından hemen analiz edilir. Zorunlu durumlarda su örneğinde bulunan katıların mikrobiyolojik olarak dekompoze olmasını engellemek için +4°C'de saklanmalı veya dondurulmalıdır. Sulardaki süspanse katı madde konsantrasyonunun bulunması için dolaylı bir yöntemde bulanıklık (türbidite) ölçümleridir. Bu ölçümlerde ilke olarak, suda süspanse halde bulunan taneciklerin ışığı dağıtması ve absorpsiyonu olgusundan yararlanılır. Suların izin verilen türbidite değeri genellikle 5-10 g/m³ arasındadır.

Bulanıklık tayininde turbidimetre denilen alet kullanılır. Bu alet, 1m uzunluğunda 2 cm çapında bir cam borudur. Bir ucu ortasında 4 mm siyah bir çizgi bulunan beyaz bir tıpa ile kapatılır. Bulanıklığı ölçmek için cam borunun içine tıpadaki siyah çizgi, üstten bakıldığında, kayboluncaya kadar numune suyu konulur. 60 cm yüksekliğinden daha fazla su konulduğunda çizgi görülürse suyun berrak, 30-60 cm arası hafif bulanık ve 30 cm'den aşağı olursa bulanık olduğuna karar verilir. Muayene gündüz yapılmalıdır.

Bulanıklık tayini aşağıdaki yöntemler ile ölçülür.

- Formazin Turbidity Unit (FTU) ve Jackson Turbidity Unit (JTU) değerleri standart olarak kabul edilmektedir. Uygulaması güç ve kolay hata yapılabilecek bir yöntemdir.
- Nephelometrik bulanıklık ölçümü turbidimetre adı verilen bulanıklık ölçer ekipman yardımıyla suların bulanıklık derecesi son derece hassas olarak ölçülebilir. Bu cihazlarda genel olarak Nephelometrik Turbidity Unit (NTU) birimi kullanılır. 0-40 NTU arasındaki bulanıklık değerleri FTU ve JTU birimlerine eşit olarak kabul edilmektedir.



Resim 1.6: Bulanıklık ölçer (Portatif Türbidimetre)

Suda gerçek renk oluşumuna neden olan durumlar ışığı absorbe edeceğinden bulanıklığın olduğundan daha düşük olarak ölçülmesine neden olacaktır. Foto-elektrik sistemlerle nephelometrik ölçüm yapıldığında çalışma süresince ışıktaki kayma olacağından kısa bir ısınma süresinin ardından hemen ölçüm yapılmalı cihaz uzun süre çalıştırılmamalıdır.

- Depolarda bulunan suların, 10 m derinlikte bulunan maddelerin fark edileceği kadar berrak olması istenir. Bu amaçla sechi diski kullanılır. Disk gözden kaybolana kadar su ortamına bırakılır ve gözden kaybolan en son noktanın santimetre cinsinden ölçüsü alınır.



Resim 1.7: Sechi Diski

1.7.3.3. Bulanıklığın Giderilmesi

Asılı haldeki çökelebilen katı partikülleri gidermek için filtrasyon yeterlidir. Suda koloidal halde bulunan mikroskobik büyüklükteki partikülleri gidermek için ise filtrasyon işleminden önce partiküllerin birleşerek (pıhtılaşma) çökmesini sağlayacak kimyasallar kullanılır.

1.7.4. Suyun Kokusu

Su, doğal formunda kokusuzdur. İçme ve kullanma suları kokusuz olmalıdır. Basit bir mekanizma gibi görünmekle birlikte sudaki kokunun insan ve hayvanlar tarafından fark edilmesi, sudan kaynaklanabilecek zehirlenme veya diğer tehlikeler için ilk ve en önemli korunma yöntemidir.

Sudaki koku pek çok faktöre bağlıdır. Bunlar;

- Organik madde,
- Canlı organizmal faaliyetler,
- Demir, mangan ve korozyonun metalik ürünleri,
- Fenol gibi sanayi atıkları,
- Klor,
- Yüksek mineral konsantrasyonu,
- Sabun ve deterjan karışması,
- Çözünmüş gazlardır.

Bazı organik ve inorganik maddeler (aldehitler, ketonlar, sülfür içeren organik bileşikler, H₂S, CH₄ gibi gazlar) özellikle yeraltı, göl, su hazneleri, kanalizasyonlar gibi kapalı sistemler de kötü kokuya sebep olur.

1.7.4.1. Koku Ölçümü

Koku ölçümü, kokusuz suyla, koku artık hissedilmez oluncaya kadar su numunesinin seyreltilmesi yöntemiyle yapılır. Kokusuna bakılacak olan su cam kapaklı bir şişeye konur. Şişenin kapağı kapatıldıktan sonra hızlı bir biçimde şişe çalkalanır ve kapak açılırken kokusuna bakılır. Bazen de 200 ml su numunesi 500 ml kapasiteli cam kapaklı erlenmayer içerisine konur. 50 °C üzerinde ısıtıldıktan sonra cam kapak açılır ve eriyik haldeki gazların uçmasına bağlı olarak meydana gelen koku incelenir.

Koku	Sebebi
Klor kokusu	Klorlama kaynaklı
Balık kokusu gibi, küf veya toprak kokusu	Genelde zararsız organik maddeler.
Ham suda çürümüş yumurta kokusu	Çözünmüş hidrojen sülfür gazı
Deterjan kokusu, septik koku	Kanalizasyon sisteminin karışması

Tablo 1.7: İçme ve kullanma sularındaki koku ve sebepleri

Koku konsantrasyonunu ifade etmek için aşağıdaki terimler kullanılır.

- **Kesin Eşik Konsantrasyonu: (ATC)** İnsanların %100'ü tarafından algılanabilen minimum konsantrasyondur.
- **Eşik Koku Numarası: (TDN)** Konsantrasyonu ATC'ye indirebilmek için yapılan seyreltme sayısıdır.
- **Eşik Limit Değeri : (TLV)** 40 yıllık çalışma hayatı içerisinde insanların günde 8 saat, haftada 5 gün, yılda 50 hafta maruz kalabildiği maksimum konsantrasyondur.
- **Maksimum Müsaade Edilebilir Konsantrasyon: (MAC)** Asla aşılmaması gereken maksimum konsantrasyondur.

Sudaki kokunun giderilmesinde aktif karbon prosesi ve havalandırma yaygın olarak kullanılmaktadır. Organik maddelerden kaynaklanan kokuyu gidermek için aktif karbon filtreleri tercih edilir, diğer koku problemleri klor, potasyum permanganat gibi oksidantlarla etkisiz hale getirilir.

1.7.5. Suyun Tadı

Tad, suyun estetik değerini etkilediği gibi diğer kirlетici parametrelerin ve anaerobik ortamların varlığının da bir göstergesidir. Suyun tadı, bazı etkenlere göre (çürümüş bitkiler, organik maddeler, çözünmüş gazlar, fenolik bileşikler, çözünmüş tuzlar, klor, çözünmüş gazlar ve sıcaklık) bağlı olarak değişir. Algler, parçalanmış organik maddeler, çözünmüş gazlar ve endüstriyel atıklar suyun tadını olumsuz etkiler. Ağızda hissedilen tat duyusu ise aslında koku, tat ve sıcaklığın bir bileşimidir.

Suya tad veren içerisinde erimiş bulunan karbondioksit ve oksijen gazlarıdır. Kaynamış suyun tadının iyi olmaması, kaynama sırasında bu gazların uçmasına bağlıdır. Bu durumda suların kaptan kaba dökülmesiyle havalandırılması, tadının yeniden gelmesini sağlar. Serin sulara lezzeti bozan faktörlerin etkisi, belirgin olmayabilir. Demir, mangan, potasyum, sodyum, çinko ve klorür gibi bazı inorganik maddeler de aşırı oranda bulunursa sulara madeni bir tat verir. Litrede 0.3 mg üzerindeki klor, tad olarak algılanabilir. Tad analizi için geçerli olan 3 yöntem vardır. Bunlar, Flavor Threshold Test (FTT), Flavor Rating Assesment (FRA) ve Flavor Profile Analysis (FPA)' dır. Bu yöntemler arasında en yaygın olarak kullanılan FPA' dır.

Duyusal olarak suyun tadının kontrolü için su örneği kaynatılır ve 25°C' ye soğuyuncaya kadar bekletilip tadılır.

Suda tad gidermede yaygın olarak kullanılan yöntem, aktif karbon prosesidir.

1.7.6. Suyun Asidik ve Bazik Özelliği (pH)

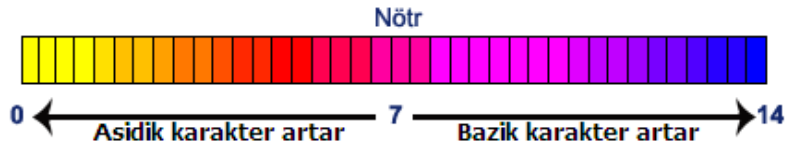
pH, suyun asitlik veya bazlık durumunu gösteren logaritmik bir ölçüdür. Çözeltide bulunan H^+ iyonu, konsantrasyonunu ifade eder. Saf su H^+ ve OH^- iyonları açısından dengededir ve pH değeri 7'dir. Yani nötrdür. Ölçüm skalası 0 ile 14 arasında değişir. pH, 7'nin altında iken su asidik ; pH 7'nin üstünde iken su bazik özellik gösterir. pH, suyun korozyon veya çökelme eğiliminin bir göstergesi ve arıtma sistemlerinin tasarımında da önemli bir kriterdir. pH'ı 6.5'dan düşük olan sular asidiktir, CO_2 ve HCO_3^- iyonları baskındır ve aşındırıcı etkiye sahiptir. Düşük pH'lı sular, korozyon oldukları için borulardaki birtakım zehirli metalleri çözebilirler. Yüksek pH'a sahip sularda ise pH'ı yükselten kimyasalların zararlı olup olmadığı belirlenmelidir. pH'si 7.5'ten fazla olan suda tat problemi ortaya çıkar; suya sabunumsu bir kayganlık hissi verir. Ayrıca, bu tür suların taş yapma özelliği olur. pH'nin düşük ya da yüksek olması en başta endüstriyel kirlenmeye bağlıdır. Ayrıca suyun geçtiği topraklar da pH'yi etkiler. Organik maddelerin su içinde bozunması sonucunda suyun pH'si değişebilir. NH_3 oluşumunda pH yükselir; CO_2 ve H_2S oluşumunda ise pH düşer.



Resim 1.8: pH metre çeşitleri (Kalem tipi Phmetre/ Masa tipi Ph metre /Portatif Ph Metre)

pH, içme suyunun güvenliği hakkında doğrudan bilgi vermez; ancak hijyenik kalitesinin belirlenmesinde önemli bir faktördür. pH değeri; su temininde, kimyasal koagülasyon, dezenfeksiyon, sertlik giderme ve korozyon kontrolü gibi işlemlerde önem taşır.

Elektrometrik pH ölçümünün temel prensibi, hidrojen iyonlarının cam elektrot ve referans elektrotu yardımıyla potansiyometrik olarak ölçülmesine dayanır. pH, H^+ iyonlarının elektrik potansiyellerine bağlı olarak veya renk indikatörleri (örn;fenolftalein) ile ölçülebilir



Şekil 1.2: pH skalası

İnsani tüketim amaçlı suların pH değeri 6.5-9.5 arasında, ambalajlı suların ise pH değeri 4.5-9.5 arasında olması gerekir.



Resim 1.9: pH, renk değışkenlikleri ile pratik olarak ölçülmesi

UYGULAMA FAALİYETİ

Suların özellikleri ve nitelikleri ile ilgili bilgiler verildiğinde, duyuşal ve fiziksel parametrelerini değerlendiriniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ İçme ve kullanma suyu temin edilen yerleri kontrol ediniz.	➤ Numune ekipmanlarını hazırlamalısınız. ➤ İçme ve kullanma suyu temin edilen yerleri belirlemelisiniz. ➤ Tespit edilen noktalarda amacına uygun numune almalısınız.
➤ İçme sularının kalitesini etkileyen faktörleri tespit ediniz.	➤ Su kaynağından, arıtma tesisinde, şehir şebeke sisteminden, bina içi tesisattan kaynaklanan faktörleri inceleyebilirsiniz.
➤ Suları kalite parametrelerine göre sınıflandırınız.	➤ Su kalite sınıflarının (1.,2.,3.,4.) fiziksel ve inorganik kimyasal, organik, inorganik kirlenme parametrelerini, bakteriyolojik parametrelerini inceleyebilirsiniz.
➤ Suların kimyasal parametrelerini ulusal ve uluslar arası standartlara göre inceleyiniz.	➤ Türk TSE, AB, WHO; EPA/USA ve Almanya/DIN standartlarına göre göre suların kimyasal parametrelerini incelemelisiniz.
➤ Suların toksik madde parametrelerini ulusal ve uluslar arası standartlara göre inceleyiniz.	➤ Türk TSE, AB, WHO, epa7usa ve ALMANYA DIN standartlarına göre suların toksik madde parametrelerini incelemelisiniz.
➤ Suların fizikokimyasal özellikleri ile ilgili parametrelerini ulusal ve uluslar arası standartlara göre inceleyiniz.	➤ Türk TSE, AB; WHO; EPA/USA standartlarına göre göre suların fizikokimyasal özellikleri ile ilgili parametrelerini incelemelisiniz.
➤ İnsani tüketim amaçlı suları ayırt ediniz.	➤ Kaynak sularının, içme –kullanma sularının, doğal mineralli suların, şişe ve işlenmiş içme sularının özelliklerini incelemelisiniz.
➤ Fiziksel ve kimyasal su analiz tekniklerini ayırt ediniz.	➤ Gravimetrik tekniklerin özellikleri ve kullanım alanlarını incelemelisiniz. ➤ Titrasyon / volumetrik analizlerin özellikleri ve kullanım amacını incelemelisiniz.

	➤ Elektrokimyasal tekniklerin özellikleri ve kullanım amacını incelemelisiniz. ➤ Spektrofotometrik ve kolorimetrik tekniklerin özellikleri ve kullanım amacını incelemelisiniz. ➤ Kromatografi tekniği, kütle spektrometresi ve immünolojik tekniklerin özelliklerini ve özelliklerini ve kullanım alanlarını incelemelisiniz.
➤ İçme suyunun fiziksel parametrelerini kontrol ediniz.	➤ Suyun; sıcaklığının, renginin, bulanıklığının ölçümünü ve nedenlerini, uygunluğunu incelemelisiniz. ➤ Suyun, kokusunu ve tadını incelemelisiniz.
➤ Suyun pH'ını tespit ediniz.	➤ Suyun pH'ını ölçmelisiniz. ➤ Ölçüm sonuçlarının insani tüketim amaçlı kullanıma uygunluğunu tespit etmelisiniz. ➤ Ölçüm sonuçlarını kayıt etmelisiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Öğrenme faaliyetleri kapsamında, aşağıdaki test sorularında doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi, yüzeysel suların fiziksel ve inorganik parametrelerindendir?
A) Yağ ve gres.
B) pH.
C) Mineral yağlar ve türevleri.
D) Fekal koliform.
E) Civa.
2. Aşağıdakilerden hangisi, kullanım amaçlarına göre su çeşitlerinden değildir?
A) İçme suları.
B) Rekreasyon suları.
C) Yüzeysel sular.
D) Şifalı özellikleri bulunan sular.
E) Sulama suyu.
3. Aşağıdakilerden hangisi, yüksek kaliteli suların (I. Sınıf) kullanım alanlarından biri değildir?
A) Yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu olarak kullanımı.
B) Rekreasyon amaçları için kullanımı.
C) Alabalık üretimi için kullanımı.
D) Sulama suyu olarak kullanımı.
E) Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanımı.
4. Aşağıdakilerden hangisi, suyun fiziksel ve kimyasal analiz yöntemlerinden basit olarak ağırlığa dayalı, genelde hassas teraziler kullanılarak yapılan türüdür?
A) Gravimetrik
B) Titrasyon.
C) Volumetrik.
D) Spektrofotometrik.
E) Kromatografi.
5. Aşağıdakilerden hangisi, suyun sıcaklığının etkisine bağlı değildir?
A) Suyun lezzeti.
B) Biyolojik aktiviteye etki etmesi.
C) Sıcaklık arttıkça suda oluşan reaksiyonların hızına etki etmesi.
D) Sudaki çözünmüş oksijen miktarına etki etmesi.
E) Suyun pH'na etki etmesi.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Suyun özellikleri ve nitelikleri ile ilgili bilgiler verildiğinde, suların kimyasal ve radyolojik parametrelerini değerlendirebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- İlgili kuruluşlara giderek bölgenizin içme ve kullanma suyu parametrelerini araştırınız.
- Çevrenizdeki su kaynaklarının kimyasal özelliklerini araştırınız.

2. İÇME VE KULLANMA SULARININ KİMYASAL VE RADYOLOJİK PARAMETRELERİ

Su moleküllerinin kuvvetli bir çözücü olması nedeniyle doğada saf olarak bulunması çok zordur. Örneğin, en doğal su kaynağı olan yağmur suları bile yeryüzüne dönerken atmosferden oksijen, azot, karbondioksit, hidrojen sülfür gibi gazları ve katı maddeleri bünyesine alır. Yeryüzüne inen su da, toprağın (yüzeyin) katmanlarından geçerken mevcut mineralleri bünyesine alır.

Su, sert olmamalıdır. İçme kullanma ve sanayi sularında demir, manganez ve sertlik değerleri önemlidir. Suların agresifliği, serbest karbondioksit (CO_2) ile bikarbonat (HCO_3) iyonunun dengede olmasından ileri gelir. Suların agresifliği boruların korozyonuna sebebiyet verir. Ayrıca boruların aşınması halinde borudan ayrılan elementler su kalitesinin bozulmasına sebep olur.

2.1. İçme ve Kullanma Sularında İstenmeyen Maddeler

Suda sağlığa zararlı arsenik, kadmiyum, krom, kurşun, cıva gibi kimyasal maddeler bulunmamalıdır. Bunun yanında baryum, nitrat, florür, radyo aktif maddeler, amonyum, klorür gibi maddeler sınır değerlerinin üzerinde bulunduğu, sağlığa olumsuz etkileri olan kimyasallardır. Aynı zamanda bazı kimyasallar suya kirleticilerin karışığının göstergesidir.

İçme ve kullanma sularında istenmeyen bazı maddelerin maksimum değerleri tabloda verilmiştir.

Özellik	Değerler, en çok
Nitrat	50mg/L
Demir	200µg/L
Mangan	50µg/L
Bakır	2000µg/L
Çinko	3mg/L
Florür	1.5mg/L
Amonyak	0.05mg/L
Bor	1.0µg/L
Nitrit	0.50mg/L
Fenolik madde	0.02mg/L

Tablo 2.1: İçme ve kullanma sularında istenmeyen maddeler ve maksimum değerleri

➤ **Amonyum (NH₄)**

Sularda tat ve koku problemi oluşturur. İnsan sağlığı üzerinde olumsuz etkisi vardır. Suda amonyum varlığı, suya evsel, endüstriyel atıklar ve gübre karıştığını gösterir.

➤ **Azot (N)**

Azot, bakteriler tarafından besi kaynağı olarak kullanılan, kimyasal yollardan değişik oksidasyon kademelerinde bulunan ve sularda sık görülen bir parametredir.

Sularda bulunan azot türleri:

- NH₃-N: Amonyak Azot
- Org-N: Organik Azot
- NO₂-N: Nitrik Azot
- NO₃-N: Nitrat Azot

Bu azot türleri, alıcı ortama aşırı miktarda verildiğinde, organizmalar tarafından kullanılarak ötrofikasyona (alg patlaması sonucu oksijen azlığı) sebep olur. Biriktirme haznelerinde alg patlamasını önlemek için hazneye giren azot, potasyum ve karbon konsantrasyonlarını azaltmak ve ışığı kontrol etmek gerekir.

Sulardaki azotu gidermek için;

- Nitrifikasyon ve denitrifikasyon ile biyolojik tasfiye,
- Damlatmalı filtrelerle tasfiye,
- Yeraltı suyunun suni olarak beslenmesi veya kuyularla çekilmesi,
- Kırılma noktası klorlanması,
- Yüksek pH'ta havalandırma,
- İyon değiştirme,
- Ters ozmos kullanılır.

➤ **Nitrat (NO_3)**

Nitrat, azotlu organik bileşiklerin son yükseltgenme ürünüdür. Nitrat azotu suda kolay çözünür ve su için bir tehlike sinyalidir. Suda nitrat konsantrasyonunun artmasına neden, tarımda kullanılan gübreler, evsel ve endüstriyel atıklardır. Sürekli olarak yüksek oranda nitrat içeren suları içmek ölüme yol açabilir. Bazı bakteriler nitratları indirgeyerek nitrite dönüştürür. Meydana gelen fazla miktardaki nitrit emilerek kandaki hemoglobini methemoglobine çevirerek oksijenin dokulara taşınmasını önler. Bebeklerde blue-baby denilen hastalığa neden olarak ölüme yol açabilir. WHO'ya ve TSE'ye göre suda bulunabilecek maksimum nitrat konsantrasyonu içme suları için 45 mg/l, kaynak suları için 25 mg/l dir. Bebekler için ise bu değer maksimum 10 mg/l olarak kabul edilmiştir.



Resim 2.1: Mavi hastalıklı (blue baby) bebek

➤ **Nitrit (NO_2)**

Nitrit suda mikrobiyolojik kirlenmenin bir göstergesi olması açısından önemlidir. İçme sularında nitrit bulunması istenmez. Nitritler yüksek miktarda organik madde ile bulunursa daha büyük bir kirlenme söz konusudur. Normal dezenfektanlarla oksidasyonu kolaydır. Bu nedenle nitritli suların dezenfeksiyonuna özen gösterilmelidir. Nitratlara benzer etki gösterir; ancak çok daha tehlikelidir. Septisemiye (kan zehirlenmesi) sebep olur.

➤ **Amonyak (NH_3)**

Amonyak, gübre olarak ve hayvan yemi üretiminde kullanılan bir maddedir. Amonyak ve amonyum tuzları temizlik maddelerinde ve gıda katkı maddesi olarak kullanılır. Amonyak doğal sularda genellikle amonyum azotu (NH_4) halinde bulunur. Buna, serbest veya tuz halindeki amonyak denir. Sularda amonyak, kimyasal ve fiziksel olaylar veya mikroorganizma faaliyetleri sonucunda oluşur. Kimyasal ve fiziksel olaylar sonucunda oluşan amonyağın sağlığa zararı yoktur; ancak mikroorganizma faaliyetleri sonucunda oluşan amonyak tehlikelidir. Su dağıtım sistemlerinde nitrit oluşumuna neden olur ve filtrelerin manganezi süzebilme yeteneğini azaltır. 0.5 ppm'den büyük değerlerde amonyak kirliliği belirtisidir. Artırmı klorlama ve iyon değiştirme ile yapılır.

➤ **Bakır (Cu)**

Bakır ve bileşikleri yüzeysel sularda bulunabilir. Sudaki bakır, suyun pH, karbonat konsantrasyonu ve diğer anyonlarla ilgilidir. Musluk suyunda bulunan bakır miktarı ham su kaynağından bulunan bakır miktarından fazladır. Çünkü bakır tuzları, dağıtım sistemlerindeki çamur kontrolü ve manganezin yükseltgenmesini katalize ederek depolardaki bakteri üremelerinin kontrolünde kullanılır. Bakır, alüminyum ve çinko gibi boruların korozyonunu artırır. Suda litrede 1mg'dan fazla bakır çamaşırlarda leke yapar. Bu değer 5mg/gr olması halinde bakır suya belirgin bir şekilde acı lezzet verir. İnsan metabolizmasında bakır esas elementlerden birisidir. Yetişkinlerin günlük bakır ihtiyacı 2 mg'dır.

➤ **Bor (B)**

Bor, sıcak su kaynaklarında ve volkanik arazilerden çıkan sularda oldukça yüksek konsantrasyonda bulunur. Bunun dışında boratların deterjan olarak kullanıldığı yerlerde sulardaki bor konsantrasyonu yüksektir. Suda bulunan borun en büyük etkisi tarım üzerinde görülmekle beraber, içme ve kullanma suyunda, su ürünleri üzerinde ve hayvanlar üzerinde de çeşitli zararları saptanmıştır. Bor, meyve ve sebzeler başta olmak üzere yiyecek ve içecekler yoluyla günde 10-20 mg vücuda alınır. Su ve yiyeceklerle alınan bor kısa sürede ve tamamen vücut tarafından emilerek birikmeden idrar yoluyla atılır.

➤ **Demir (Fe)**

Yeryüzü kabuğunun %5'ini oluşturan demir, suda bulunan yaygın bir kirleticidir. Suda demir 2 şekilde olabilir. Bunlar, iki değerlikli demir (ferro Fe²⁺) ve üç değerlikli demir (ferri Fe³⁺) dir. İki değerlikli demir genellikle yeraltı sularında bulunur. Değer değişimine uğrayabildiğinden yani suda çözünen demir içeren (Fe²⁺) konumundan çıkıp çözünmeyen demir (Fe³⁺) konumuna gelebildiğinden uzaklaştırılması güç olur. Oksijen ya da bir başka oksitleyici etkenle karşılaşan çözünmüş demir, çözünmez hale geldiğinden çökelir ve suda paslı bir renk alır. Bileşiminde demir bulunan demir vanalar, borular, su arıtma donanımı ve suyla çalışan araçlarda arızaya yol açar. Bakteriler, demirden kaynaklanan kirlenme sorunlarını daha da ağırlaştırır. Bu bakteriler arasındaki crenothrix, sphaerotilus ve gallionella gibi mikroorganizmalar demiri enerji kaynağı olarak kullanılır. Demir tüketen bu bakterilerin bıraktığı paslı, jelatinli yapışkan madde su borusunu tıkayabilir. Bu nedenle demirden kaynaklanan sorunun kaynağı incelenirken bu tür bakterilerin varlığı da araştırılmalıdır.

Doğal sularda demir;

- Çözünür Ferrous iyonları,
- Ferrik iyonları ,(asidesi yüksek sularda çözünür)
- Ferrik hidroksit ,(doğal veya alkali sularda çözünmezler)
- Ferrik oksit,
- Organik bileşiklerde kombine halde veya demir bakterilerinin bünyesinde bulunur.

Suların litrede 0.3 mg' dan fazla demir içermesi; lezzeti bozar, bazı küçük canlıların oluşumuna ve hızlı çoğalmasına (alg oluşumu) yol açar, çöken hidroksitle beraber boruların tıkanmasına neden olur. Bu nedenlerle sanayide ve günlük gereksinimi karşılamak için uygun değildir.

➤ **Mangan (Mn)**

Toprak veya tortul kütlelerdeki mangan atmosferik olayların etkisi ile çözünerek suya geçer. Demiri fazla olan sularda, çok defa mangana rastlanır. Fakat miktarı çok az olup litrede 0,3 mg'ı geçmez. İki değerlikli mangan de demire benzer özellikler gösterir. Oksitlendiği zaman siyah bir tortu halinde çökeler. Suda manganın bulunması, endüstri sularında demirin etkisinin hemen hemen aynıdır. Suda bazı bakterilerin çoğalmasını sağlayarak boruların tıkanmasına demirden fazla neden olur. 0.5mg/Lt 'den fazlası sulara kötü bir lezzet verir. Çamaşır yıkamaya uygun değildir. Endüstride manganlı suların arıtımı gerekir.

Demir kahverengimsi, mangan gri-siyah lekeler yapmaktadır. Bu özellikleriyle demir ve mangan konsantrasyonları yüksek sular; kağıt, deri, dokuma, plastik, gıda gibi sanayilerde kullanıldıklarında ürünün renk ve tadında değişmelere sebep olurlar. Çökebilan mangan filtrasyon yöntemiyle giderilebilirken çökelmeyen manganı gidermek için oksidasyon ve filtrasyon birlikte uygulanır.

➤ **Çinko (Zn)**

Çinko genellikle galvanizli borulardan suya geçer. Normal bir insan, bir günde gıdalarla birlikte 12 mg. çinko almaktadır. Birçok besinde fazlasıyla bulunan çinko minerali bağışıklık sisteminde anahtar rolü oynar, zindelik sağlar, verimi artırır. Bağışıklık sisteminin düzenli çalışabilmesi için vücutta bol miktarda çinko bulunması gerekse de bir litre suda 15 mg.'dan fazla çinko kabızlığa sebep olur. Suda çinko miktarının fazla olması korozyon olayını hızlandırmaktadır. TSE ve Sağlık Bakanlığı bu konuda bir sınırlandırma getirmemiştir. EPA çinko için limit değer 5 mg./lt.' dir.

➤ **Florür (F)**

Suda bulunan florür, miktarına bağlı olarak faydalı veya zararlı olabilir. İçme suyu için tavsiye edilen değer 1 mg/Lt' dir. Bu değer in dişler için faydalı olduğu ve diş çürümelerini azalttığı bilinmektedir. Bunun yanında yüksek miktarlarda florür içeren suların insan sağlığına verdiği zararlar araştırmalarla ispatlanmıştır. Örneğin; 9 yaşın altındaki çocuklarda yapılan bir araştırma, 2 mg/Lt florür içeren suyun dişlerde kahverengi lekeler (benekler) bıraktığını (fluorosis), 4 mg/Lt florür içeren suyun ise kemik bozukluklarına sebep olduğunu göstermiştir.

Fluorosis denilen bu diş hastalığı, en fazla 8-9 yaşlarındaki çocuklarda görülür. Bu nedenle florür miktarının 1,5 mg/Lt den fazla olmamasına dikkat edilmelidir. Fluorosis meydana gelebilmesi için 1.5mg/Lt konsantrasyondaki suyun yaklaşık olarak 3 aydan fazla içilmesi gerekmektedir. Bu durumda araştırma sonuçlarına göre 1,5 mg/Lt den fazla florür bulunan sular arıtılmalıdır. Düşük konsantrasyon için suların içerisine florid katılmalıdır. İçme suyuna katılan florun optimum noktası 1mg/Lt dir. Konsantrasyona karar verirken suyun içindeki doğal florit miktarını da göz önünde tutmak gerekir. Sıcak yerlerde su tüketiminin fazlalığı nedeniyle miktar azaltılır, soğuk yerlerde miktar daha fazladır.



Resim 2.2: Fazla miktardaki florürün dişlere etkisi (fluorosis)

Florür, ters ozmos, alüminyum sülfat, magnezyum veya kalsiyum fosfat gibi kimyasallarla ve aktif karbon, aktif alüminyum oksidi, granüler trikalsiyum fosfat yatakları veya iyon degistirici reçinelerle süzme yoluyla artırılabilir.

➤ **Fenolik Maddeler**

Fenolik maddeler; antosiyanidinler, flavonlar ve flavonolar, flavanolar, kateşinler ve löykoantosiyanidinler, proantosiyanidinlerdir.

Fenolik maddelerin suda varlığı, tat ve koku problemlerine sebep olur. Özellikle suyun klorlanması sonucu meydana gelen klorofenol bileşikler çok düşük konsantrasyonlarda bile koku problemi meydana getirir; deri ve mukozada tahribata yol açar. Sudaki fenolik maddeler; ilaç, petrokimya, plastik sanayi ve organik kimya sanayi atıksularının rezervuarlara ulaşmasından kaynaklanır.

2.2. İçme ve Kullanma Suyunda İstenmeyen Zehirli Maddeler

İçme ve kullanma sularında zehirli bazı maddeler bulunabilir. Bu maddelerin kabul edilebilir maksimum değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Özellik	Değerler, en çok
Arsenik	10µg/L
Kadmiyum	5.0µg/L
Siyanür	50µg/L
Krom	50µg/L
Civa	1.0µg/L
Nikel	20µg/L
Kurşun	10µg/L
Antimon	5.0µg/L
Selenyum	10µg/L
Toplam pestisit	0.5µg/L
Polisiklik aromatik hidrokarbonlar	10µg/L

Tablo 2.2: TSE göre içme ve kullanma sularında istenmeyen zehirli maddeler ve bunların maksimum değerleri

➤ **Arsenik**

Arsenik, çok iyi bilinen bir zehirdir ve doğada sülfür ve oksit halinde bulunur. Arsenat (AsO_4) ve arsenit (AsO_2) arseniğin anyonik bileşikleridir. Ağır bir metal olmasına rağmen suda anyonik haldedir. Doğal suda ender olarak bulunan arsenik, minerallerin çözünmesinden, sanayiden ve pestisitlerden kirlilik olarak suya karışabilir. Suda yüksek miktarlarda bulunması doku bozulmalarına, dolaşım sistemi problemlerine yol açar ve ayrıca kanser riskinin yükselmesine sebep olur. Arsenik bileşiklerinin toksik etkisi; bileşiğin kimyasal ve fiziksel şekline, vücuda giriş yerine, alınan miktara ve alınma süresine, gıda içindeki reaksiyonu etkileyen elementlerin varlığına, yaş ve cinsiyete bağlıdır. Eğer suda 0.05mg/lt arsenik bulunursa arsenik elementlerinin kimyasal yapısı ve valansının (kimyasal reaksiyonda veya bağda yer alan bir atomdaki elektron sayısı) saptanması önerilir.

İçme suyu ve su ürünleri açısından önemli olan, arsenik arıtımı için birçok yöntem kullanılır. Oldukça ekonomik ve basit olan kireçle yumuşatma yöntemi bile %95 oranında arsenik arıtımı sağlar. Arsenik arıtımında çökelmede kullanılan kimyasal maddelere göre ortamın pH değeri önemlidir. Ayrıca arseniğin suda bulunuş şeklide arıtımı etkiler. Dünya Sağlık Örgütü, (WHO) içme ve kullanma sularında 10µg/lt (ppb) ye kadar arsenik bulunabileceğini, 50ppb den daha yüksek miktarlarda arsenik içeren suların ise kesinlikle kullanılmaması gerektiğini bildirmiştir.

➤ **Kadmiyum**

Kadmiyum, çeşitli endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanır ve toprağa geçerek yeraltı sularına karışabilir. Toksik potansiyele sahip kadmiyumun insanlar için ağız yoluyla akut öldürücü dozu henüz saptanmamıştır. İçme sularında çok düşük oranda bulunan kadmiyumun herhangi bir yan etkisi bildirilmemiştir; ancak galvanize (kadmiyumla kaplı) kaplarda hazırlanan bazı içeceklerin çocuklarda akut etkisi görüldüğü bilinmektedir.

➤ **Siyanür**

Siyanür, çok iyi bilinen zehirlerden biridir. Sudaki canlı yaşamı için son derece tehlikelidir. Çeşitli endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanır. Sanayi atık sularında veya diğer sularda tespit edilen siyanür, (CN) ortamda bulunan siyanür bileşiklerindeki siyanür grubunun tümünü ifade eder. (Siyanürün 50-60mg/lt'lik tek dozu insanlar için öldürücüdür. Günde alınan 2,9- 4,7 mg siyanür insanlar için zararsız kabul edilir. Çünkü siyanür iyonu insan vücudunda çeşitli enzimler vasıtasıyla kolaylıkla daha az zehirli olan iyonlara dönüşür.)

➤ **Krom**

Krom 6 tuzları kanserojen özelliktedir. Bu nedenle içme sularının krom kirliliğinden korunması gerekir. pH değeri düşük doğal sularda eser miktarda bulunabilir. Sularda krom bileşiklerinin bulunuşu ancak suyun kirlenmesi sonucunda olabilir.

İnsanlara zararlı etki yapabilecek krom sulardaki hexavalan (+6) kromdur. Trivalan krom ise nisbeten daha az toksik ve lokal veya yaygın sistemik bir etkisi olmayan ve gerekli olan krom şeklidir. En önemli problemi deride alerji yapmasıdır. Zehirli olan bileşikler daha çok +6 değerli bileşiklerdir.

➤ **Civa**

Civa endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanır. Yüzeysel sularda genellikle civa hidrokisit ve civa klorür çeşitleri vardır. Bunlarda 0,001mg/l't'i geçmez. Kirli sularda ve göllerde bu oran 0,03mg/l olabilir. İçme sularında ki seviyesi çok düşüktür. Eğer bir civa kirlenmesi yoksa taze sularda civa oranı 0,0002mg/l'den daha azdır. Esasen suların arıtım işlemleri sırasında bu oran çok daha düşer. Bu nedenle içme suyu ile günlük olarak alınan miktar normal olarak 0,1µg geçmemelidir. Civa sinirleri tahrip eden kimyasal maddedir; ağız ve diş etlerinde tipik yaraların meydana gelmesine, böbreklerin tahrip olmasına neden olur; vücuttan atılması zor olduğu için kronik zehirlenmelere yol açar.

➤ **Nikel**

Nikel tuzlarının pek çoğu suda eriyebilir, bu nedenle bulaşma kolay olur, özellikle nikel içeren bileşiklerin nehirlere atılması bu bulaşmada rol oynar. Belirli su arıtım metotlarıyla nikelin bir kısmı giderilebilir. Bu nedenle işlenmiş sularda, işlenmemiş sulardan daha az bulunur. Günde 2 lt su içildiği dikkate alınırsa normal olarak içme suyu ile alınabilecek miktarı 10-20µg ı geçmemelidir. Nikel, toksik olmayan bir elementtir.

➤ **Kurşun**

Toprağın doğal elementlerinden olan kurşun, yaklaşık olarak kilogramda 16 mg bulunur. Dünya üzerinde göl ve nehir sularının ortalama kurşun içeriği ise litrede 1-10µg dır;ancak sulardaki bu değer nadir olmakla beraber endüstriyel bulaşma sonucu daha yüksek de olabilir. Arıtma işleminden sonra suyun dağıtım şebekesine verilmeden önce bu değer çok düşüktür. Evlere verilen şebeke suyunda ise eğer dağıtım kurşun borularla yapılıyorsa veya kurşunla kaplı depolarda bekletiliyorsa bu miktar daha yüksektir. Kurşun miktarı; özellikle suyun yumuşak, bol oksijenli, nitrat miktarının fazla ve asidik karakterde olması durumunda borularda korozyonun artmasından dolayı daha fazla olur.

➤ **Antimon (Sb)**

Yapı bakımından arseniğe benzer ve fizyolojik etkisi de aynıdır.

Çeşitli standartlarda antimon değeri şöyledir:

- TSE: 0,01 mg/l;
- EC: 0,005 mg/l;
- EPA: 0,006 mg/l;
- WHO: 0,005 mg/l

➤ **Selenyum**

Selenyum bileşiklerine doğada nadir rastlanır. Doğal sularda genellikle bulunmaz veya çok az konsantrasyonda bulunur. İçme sularının çoğunda 0.01mg/l't den daha az konsantrasyonlarda selenyum bulunur. Selenyum insanlar ve hayvanlarda vücutta birikerek zehir etkisi gösterir.

➤ Pestisitler

Pestisit adı altında çok sayıda madde vardır. Bunlar, insektisitler (böcek öldürücüler), herbisitler (yabani ot öldürücüler), fungusitler (mantar öldürücüler), algisitler (alg öldürücüler) dir. Ayrıca, inorganik bileşiklerden de bu sınıfa giren maddeler vardır. Bakırsülfat, aldirin, dieldirin, linden gibi klorlu hidrokarbonlar, paration, malation gibi organofosforlu bileşikler de bu gruba dahildir. Bunların organizmadaki etkileri çok çeşitlidir. Sularda öncelikle tat ve koku problemi yaparlar. Vücutta birikerek karaciğerde, böbreklerde, sinir sisteminde, dolaşım sisteminde ve beyinde önemli hasar yaparlar. Kanserojendirler.

2.3. İçme ve Kullanma Sularındaki Kimyasal Maddeler

Özellik	Değerler, en çok
Klorür	250mg/L
Sülfat	250mg/L
Kalsiyum	100mg/L
Magnezyum	50mg/L
Sodyum	200mg/L
Potasyum	12mg/L
Alüminyum	200 µg/L

Tablo 2.3: TSE'ye göre içme ve kullanma sularındaki kimyasal maddeler ve maksimum değerleri

➤ Klorür (Cl_2)

Klorür, tüm doğal veya kullanılmış sularda çok yaygın bir şekilde bulunan iyon türüdür. Suyu başlıca iki kaynaktan karışır. Bunlardan birincisi topraktan veya yeraltı formasyonlarından çözünme yolu ile ya da tuzlu su - tatlı su karışımları sonucu katılabilir. İkincisi ise idrar ve temizlik sularıdır. Toprakta karışan klorür'ün sağlık açısından bir sakıncası yoktur.

Sularda en çok toprak kaynaklı sodyum, potasyum ve lityum gibi alkali ile kalsiyum, magnezyum toprak alkalileri klorürlerine rastlanır.

➤ Sülfat (SO_4^{2-})

Sülfat, bütün doğal sularda değişen miktarlarda rastlanan bir tuz bileşiğidir. Tabiattaki doğal kaynakları jips kaynaklarıdır. Bazı endüstriyel atık suların sülfat konsantrasyonu fazladır ve doğal sulara karıştıklarında onların da sülfat miktarını artırır. Sülfür bileşikleri, çeşitli reaksiyonlar sonunda oluşturdukları tat, koku, toksitite ve korozyon gibi problemleriyle önemli kirletici durumundadır. Suda yüksek sülfatın anlamı; yüksek sertlik, yüksek sodyum tuzu ve yüksek asiditedir.

➤ **Kalsiyum (Ca)**

Kalsiyumun vücuda doğrudan zararlı etkisi yoktur. Hatta, kemik yapısı için yararlıdır; ancak içim bakımından problem teşkil eder. Öte yandan, suyun taş yapma potansiyeli de artar. Çok düşük olması aşındırıcı etki yaratabilir. Sudaki kalsiyum, suyun geçtiği toprak yapısına bağlıdır.

➤ **Magnezyum (Mg)**

Fazla olması durumunda gözlerde tahribata yol açar. İshal yapıcı etkisi ortaya çıkar. Sudaki magnezyum, suyun geçtiği toprak yapısına bağlıdır. Suya acılık verir.

➤ **Sodyum (Na)**

Gıdalarda ve içme suyunda bulunur. Sağlıkla ilgili önerilen bir sınır değeri yoktur. Ancak 200 mg/litrenin üzerinde hoşla gitmeyen tat oluşturur. Tuzluluk hissi verir. Soy dum fazlalığı evsel ve endüstriyel kirlenme, toprak yapısı ve deniz katkısından kaynaklanabilir.

➤ **Potasyum (P)**

Etkisi sodyuma benzerdir. Kaynağını endüstriyel kirlenme, tarımsal gübreler ve toprak yapısı oluşturur.

➤ **Alüminyum (Al)**

Alüminyum fazlalığı suyun rengini bozar, bulanık mavimtrak görüntü verir. Böbreklerde tahribat yapar. .

➤ **Silis SiO₂ (silikondioksit)**

Silis, silikon (Si) ve oksijenin birleşmesi ile oluşur. SiO₂ formülü ile ifade edilir. Sert ve camsı bir mineraldir. Kum, kuartz ve kumtaşı gibi çeşitli formlarda bulunur. Aynı zamanda, pek çok bitki ve hayvanın iskelet yapısında da bulunur.

➤ **Silikat**

Silikatlar, silikon ve oksijen ile kombine olmuş, alüminyum, kalsiyum, magnezyum, demir, potasyum, sodyum vb. metal bileşikleridir. Silikat (SiO₃) kazan taşları oluşturur. Bu taşların kalsiyum sülfat ve kalsiyum karbonattan oluşan taşlara nazaran ısı transfer kabiliyeti 10 kat daha azdır. Kolloid halde iken koagülasyon + filtre prosesleri ile arıtılabilirler, kristaloid halde bulunduğu ise kimyasal ve fiziksel arıtımı zordur.

➤ **Baryum (Ba)**

Baryum kemikler üzerinde olumsuz etki gösterir. Kemiklerde kalsiyum ile yer değiştirerek önemli deformasyonlara yol açar. Kan basıncını artırır. Suda baryum varlığı, metal saflaştırma işlemlerinden kaynaklanır.

➤ **Gümüş (Ag)**

Fazla miktarda gümüş iyonları vücuda alındığında cilt mavi-gri bir görünüm alır. 0.4-1 mg/l'lik konsantrasyonlar böbrekte, karaciğerde, dalakta hastalık yapıcı değişikliklere yol açar.

Çeşitli standartlarda gümüş değeri şöyledir:

- TSE: 0,01 mg/l;
- EPA: 0,05 mg/l.

➤ **Fosfat (PO₄³⁻)**

Fosfatların çoğu, yüzey sularına, fosfat içeren gübre ve deterjanlar yolu ile karışır. Organik atıkların parçalanması ile de su çevrimine girebilir. Kireç önleyici kimyasal formüllerde fosfatlar kullanılır. Su kaynaklarının çoğundaki fosfat düzeyi ultra saf su gerekmiyorsa bir sorun yaratmaz. Fosfatlar yüzey sularında ya da açık su depolarında yosun büyümesine (ötrafikasyon) neden olur.

➤ **Dezenfeksiyon Yan Ürünleri**

Trihalometanlar (THM) klorla yapılan dezenfeksiyonun, bromat ise ozonla yapılan dezenfeksiyonun yan ürünüdür. Bunların su ile alınması durumunda karaciğer, böbrek, merkezi sinir sistemi tahribatı ortaya çıkabilir. Ayrıca kanser riski taşırlar.

2.4. Suyun Sertliği

Suların sertliği, su içinde çözünmüş (⁺²) değerlikli iyonların (Ca⁺², Mg⁺², Sr⁺², Fe⁺², Mn⁺² vb.) varlığının sonucudur. Ca⁺² ve Mg⁺² iyonları doğal sularda diğer iyonlardan daha fazla bulunduklarından Ca⁺² ve Mg⁺² iyonlarının konsantrasyonlarının toplamı, suyun sertliği olarak ifade edilir. Suların sertliği, uygulamada yaygın olarak içerdikleri sertlik veren maddelerin CaCO₃ miktarları (ppm CaCO₃ olarak) ile belirlenir.

- **Geçici Sertlik;** bikarbonatlardan oluşan ve kaynatmayla ya da aktif kireç ilavesi ile karbonat şeklinde çökerek bertaraf edilebilen sertliktir. Su ısıtıldığı zaman geçici sertlik veren maddelerden karbondioksit ayrışır. Kalsiyum karbonat ve magnezyum hidroksit çökerek ayrılır. Bikarbonatlar kalsiyum karbonat ve magnezyum karbonat halinde çöker, karbondioksit uçarak sudan ayrılır.



- **Kalıcı Sertlik:** Magnezyum ve kalsiyumun sülfat, klorür ve nitrat ile oluşturduğu tuzlardan kaynaklanan sertliktir. Bu sertliğe, ‘karbonat olmayan sertlik’ veya ‘mineral asit sertliği’ de denir. Kalıcı sertlik veren maddeler ısı ile ayrılmaz. Bu tuzlar nötr olup alkalinite oluşturmaz; ısı aktarım yüzeylerinde sert birikinti oluşturur. Bu nedenle katma suyunda (buharlaştırma ve sistem kaçakları ile kaybolan suyu tamamlamak için soğutma suyu sistemine eklenen su) kalıcı sertlik istenmez.
- **Toplam Sertlik: (TH)** geçici sertlik ile kalıcı sertliğin toplamıdır. Sertlik magnezyum ve kalsiyum tuzlarından oluştuğundan bazen magnezyum ve kalsiyum sertliği diye de tanımlanır. Suların sertliği yumuşatma işlemleri ile giderildikten sonra katma suyu olarak kullanılır.

2.4.1. Sert Suyun Zararları

- Sert sular, banyo, bulaşık, çamaşır gibi işlerde fazla sabun sarf edilmesine, cildin sertleşmesine neden olur.
- Sabun çökeleği banyo veya duş sonrasında insan derisine yapışır. Deri gözeneklerini tıkar ve saç tellerini kaplayarak sertleştirir. Deriye yapışan bu kütle, bakteri üremesi için elverişli bir ortam yaratır.
- Sert sularda mevcut mineraller su boruları içinde birikerek boruların tıkanmasına yol açar.
- Suyun ısıtıldığı yüzeylerde daha da artan kireçlenme, yalıtkanlığa sebep olur ve elektrik tüketimini artırır. Kalorifer tesisatındaki kireçlenme yakıt tüketiminin artmasına sebep olur.
- Sertlik mineralleri, yemeklerde istenmeyen bir tat verir. Ayrıca tahıl, baklagiller ve sebzeleri sertleştirirler, bu yüzden yemeklerin geç ve güç pişmelerine sebep olarak zaman ve enerji kaybettirir.
- Tekstil, boya, kağıt, deri, şeker ve bira endüstrileri için sert sular elverişsizdir. Konserveçilik, tekstil, kâğıt imalatı, dericilik, buz ve nişasta imalatında yumuşak su gerekir.
- Fazla sert suların mideye ağır gelmesi nedeniyle yaklaşık sınır değer olarak içme sularının toplam sertliklerinin 12' ⁰f geçmemesi önerilir.

2.4.2. Sertliğin Ölçümü

Genellikle sertlik, litrede mg veya ppm olarak ölçülmüş eşdeğer kalsiyum karbonat ile ifade edilir. Su içindeki kalsiyum karbonata göre aşağıdaki gibi sınıflandırılır.

Toplam Sertlik (mg CaCO ₃ /lt)	Sınıflandırma
0-75	Yumuşak su
76-100	Orta sertlikte su
101-300	Sert su
>300	Çok sert su

Tablo 2.4: Litredeki kalsiyum karbonata göre sulardaki sertliğin sınıflandırılması

Suların sertlik dereceleri, (SD) içerdikleri CaO, MgO veya CaCO₃ miktarına bağlı olarak Alman, Fransız, Amerikan ve İngiliz sertlik dereceleri olarak ifade edilir. Buna göre;

- 1 Alman sertlik derecesi = 10 mg CaO/L veya 7.19mg MgO/L,
- 1 Fransız sertlik derecesi = 10 mg CaCO₃/L,
- 1 İngiliz sertlik derecesi = 14.3 mg CaCO₃/L,
- 1 Amerikan sertlik derecesi = 1 mg CaCO₃/L olarak tanımlanır.

Ülkemizde suların sertlik derecesi olarak Fransız sertlik derecesi (°f) kullanılır. Birimlerin de birbirine dönüşümü şu şekildedir.

- 1 Amerikan SD = Fransız SD x 10
- 1 Fransız SD = 0.56 Alman SD = 0.70 İngiliz SD

Suyun sertliği	Alman	Fransız	İngiliz
Çok yumuşak	0 – 4	0 – 0.72	0 -5
Yumuşak	5 – 8	7.3 – 14.2	6 – 10
Orta sert	9 – 12	14.3 – 21.5	11 – 15
Oldukça sert	13 – 18	21.6 – 32.5	16 – 22.5
Sert	19 – 30	32.6 – 54.0	22.5 – 37.5
Çok sert	30'dan fazla	54'den fazla	37.5'den fazla

Tablo 2.5: Sertlik derecelerine göre suların sınıflandırılması

- 1f = 10 mg/lt CaCO₃ Fransız Sertlik Derecesi
- 1e = 14.3 mg/lt CaCO₃ İngiliz Sertlik Derecesi
- 1dH = 17.8 mg/lt CaCO₃ Alman Sertlik Derecesi

Uluslar arası sertlik derece değerlerinin birbirine çevrilmesi aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çarpma Faktörleri	Alman(°dH)	Fransız(°f)	İngiliz(°e)	milival(mval)
°dH için	1	1.79	1.25	0.357
°f için	0.56	1	0.7	0.200
°e için	0.80	1.43	1	0.285
mval için	2.80	5.00	3.5	1

Tablo 2.6: Uluslararası sertlik derecelerinin birbirine çevrilmesi

2.4.3. Sertlik Giderme Yöntemleri

Suyun yumuşatılması demek sertliğinin giderilmesi veya sertliğe sebep olan iyonların alınması demektir. Genel olarak, 10 °f den daha sert olan sular yumuşatılma işlemine tabi tutulur. Bu yöntemler çok çeşitli olup genellikle suların yumuşatılmasında daha verimli ve daha ekonomik olan yöntemler tercih edilir.

Bu yöntemler:

- Kireç-soda metodu,
- Sodyum hidroksit-soda ile sertlik giderme metodu,
- Alüminyum sülfat ve şap metodu,
- Permutit yöntemi,
- Fosfat ile yumuşatma metodu,
- İyon değıştiriciler ile sertlik giderme metodudur.

2.5. Çözünmüş Tuzlar/TDS (Toplam Katı Maddeler)

Çözünmüş tuzlar; toplam katı maddeler, (TS/total solids) toplam çözünmüş katı maddeler (TDS-total dissolved solids) ve toplam asılı katı maddelerin (TSS-total suspended solids) toplamıdır. Evsel ve endüstriyel atıklardan, bitki bozunma ürünlerinden ve yağışlardan kaynaklanır. Suda asılı katı maddeler (AKM) bulunması tat ve koku problemi oluşturur. Su analizinde AKM miktarlarının hesaplanması, gravimetre ile yapılır. AKM genel olarak işletme şartlarında, bir iletkenlik ölçerle ölçülür. Aşırı AKM borular içinde tabakalaşmaya da sebep olabilir, içme suyundaki yüksek konsantrasyonları ishal yapar. AKM'i çok düşük olan sular agresif ve koroziftirler. Örneğin bu sular depolanacaksa deponun metal yerine plastik olması tercih edilmelidir.



Resim 2.3: Askıdaki katı maddelerin ölçülmesi

Sudaki toplam çözünmüş katılar, inorganik tuzları ve az miktarda organik maddeleri içerir. Yüzey suları ve yer altı suları temasta oldukları toprak ve taş malzemeden mineral çözerler. Çözünmüş inorganik maddeler suda iyon olarak bulunur. Bunların yanında sular ağır metal iyonlarını (kurşun, civa, kadmiyum vb.) ve organik maddeleri de içerebilir.

Çözünmüş organik kimyasallar, (pestisitler, herbisitler gibi) insanlar ve hayvanlar üzerinde toksik etki gösterirler. Trihalometanlar (THM) ve dioksin gibi suda çözünmüş organik maddelerin çoğu kanserojendir. Bu tip organikler suda çözünmüş iyon formunda ve düşük konsantrasyondadır.

2.6. İletkenlik Kondüktivite (Elektriksel İletkenlik)

İletkenlik, suyun elektrik akımını iletme kapasitesi veya çözeltinin elektrik akımını geçirmeye karşı gösterdiği dirençtir. İletkenlik, sudaki çözünmüş maddelerin bir göstergesidir. Bu sebeple izleyici bir parametredir. Bu durum, iyonize olmuş maddenin toplam konsantrasyonuna ve sıcaklığa bağlıdır. Çözünmüş iyonların mobilitesi, yükü ve konsantrasyonu iletkenliği etkileyen faktörlerdendir. İçme suyunda iletkenlik artışı, suyun kirlendiğini ya da suya deniz suyunun karıştığını gösterir.

Suda bulunan inorganik çözünmüş maddeler tarafından elektrik iletilir. Organik maddeler elektriği yeteri kadar iletmediğinden ölçümde dikkate alınmazlar. İçerisinde inorganik maddeleri elektrolit olarak bulundurmayan sular (deiyonize saf su gibi) elektriği güç iletir. Isı arttıkça elektrik geçirgenliği azalır. Bu nedenle suların elektrik geçirgenliğinin ölçülmesi içerisindeki elektrolit miktarının da bir ölçütü olarak alınır. Ölçüm 18-20° C 'de yapılır. Genellikle kaynak sularının elektriksel iletkenliği 2000-5000 ohm/cm'dir.

Doğal sularda tuz çözeltileri olduğundan elektriği iletir. Bulunması ihtimali olan tuzlar belli olduğu için elektriği iletkenliği bakımından cinslerinden çok miktarları önemlidir. İletkenliği yüksek olan sular büyük ölçüde korozif (metal yüzeylerinde aşınmaya sebebiyet verici) özellik gösterir. Çözeltideki iyonların iletkenlikleri birbirinden farklıdır. Suda çözünen iyon ne kadar fazla ise iletkenlik o kadar fazla olur.

İletkenlik kondüktometre ile ölçülür. Elektriksel direncin birimi ohm olduğundan iletkenlik birimi bunun tersi olan mho ya da siemensdir. Su analizlerinde siemens birimi çok büyük olduğu için sonuçlar mikrosiemens cinsinden ifade edilir. Elektrolitik iletkenlik, metalik iletkenliğin tersine sıcaklık artınca artar. 1° C için %1.9 artış gösterir. Bu nedenle iletkenlik ölçümlerinin 25° C'de verilmesi uygundur.

2.7. Suda Çözünen Gazlar

Suda çözünen gazlar aşağıda verilmiştir.

- **Karbon dioksit:** Çözünmüş karbon dioksit, (CO₂) su molekülleriyle birleşerek karbonik asit (H₂CO₃) oluşturur. pH düzeyini düşürerek su devrelerinde, özellikle buhar ve kondensat hatlarında aşınmaya yol açar. Buna karşılık karbonik asit, pH düzeyine bağlı olarak çözünerek bikarbonat (HCO₃) ya da karbonata (CO₃) dönüşür. Sularda bulunan karbon dioksitin (CO₂) kaynağı, çoğunlukla atmosfer değil, suyun kaya oluşumlarından çözdüğü karbonattır.
- **Oksijen:** Çözünmüş oksijen, su içinde çözünmüş halde bulunan oksijen konsantrasyonudur ve katot reaksiyonu verir. Tatlı sularda 1 atmosfer basınçta, havanın oksijeninin çözünürlüğü 0°C'de 14.6 mg/l ve 35°C'de 7 mg/l'dir. Oksijen suda çok az çözünen bir gaz olduğundan çözünürlüğü verilen sıcaklıkta atmosfer basıncı ile doğrudan değişir. Çözünmüş oksijen su tesisatlarını, kazanları ve ısı eşanjörlerini aşındırır. Ancak atmosfer basıncında yalnızca 14 ppm'e kadar çözülebilir.

Sudaki mineral miktarı, oksijeni çözme yeteneğini etkiler. Distile su, yüksek mineral içerikli suya göre daha çok oksijen absorblayabilir. Deniz suyu ve kuyu suları, taze yüzey sularına göre daha az çözünmüş oksijen içerir.

2.8. Radyoaktif Özellikler

Radyoaktif maddeler sulara; tabii yollardan veya otomatik enerji kullanan sanayi tesislerinden, nükleer deneme merkezlerinden, uranyum maden işletmeleri ve benzeri yerlerden karışır. Suyun radyoaktif elementleri ihtiva edip etmediği alfa ve beta aktivitesi ile saptanır.

İçme ve kaynak sularında alfa vericiler litrede en çok 1 pikoküri, beta vericiler litrede en çok 10 pikoküri olmalıdır. Bunlara doğal radyoaktif elementler (U238, Ra226, vb.), radyoaktif ışın salma olayına da doğal radyoaktivite denir. Doğal radyoaktiviteye örnek olarak uranyum izotopunun parçalanması gösterilir. Doğada kararlı olarak yer alan izotoplarda yapay yolla kararsız hale getirilebilir. Kararlı bazı elementler radyasyona maruz bırakılarak aktif hale getirilir. Aktif hale gelen çekirdek parçalanmaya uğrar. Bu olay yapay radyoaktivite olarak adlandırılır.

Sular içindeki radyoaktif maddelerin verdiği zarar doz ile ifade edilir. Radyasyon dozu hedef kitle tarafından, belli bir sürede, soğurulan veya alınan miktardır.

Suların içine karışan radyoaktif maddeler şunlardır.

- Alfa vericiler
- Beta vericiler
- Tridyum
- Radon
- Radyum
- Uranyum
- Straonsiyum
- Iyot I 131
- Sezyum

Avrupa Birliği mevzuatına uyum çerçevesinde Sağlık Bakanlığı tarafından hazırlanan “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik’de içme suyuna ilişkin radyolojik parametre ve sınır değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Doğal Kaynak Sularının Nitelikleri		
Alfa vericiler	litrede en çok	2.7 picocurie
Beta vericiler	litrede en çok	27 picocurie
Maden Sularının Nitelikleri		
Maden suyunun radyoaktif özellikleri aşağıdaki değerleri geçemez.		
Alfa vericiler	litrede en çok	40.5 picocurie
Beta vericiler	litrede en çok	54 picocurie
İçme Sularının Nitelikleri		
Alfa vericiler	litrede en çok	2.7 picocurie
Beta vericiler	litrede en çok	27 picocurie

Tablo 2.7. Doğal kaynak, maden ve içme sularında müsaade edilen radyoaktivite miktarı

UYGULAMA FAALİYETİ

Suyun özellikleri ve nitelikleri ile ilgili bilgiler verildiğinde, suların kimyasal ve radyolojik parametrelerini değerlendiriniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ İçme ve kullanma suyunda, istenmeyen maddeleri ayırt ediniz.	➤ İçme ve kullanma suyunda istenmeyen maddelerin insan sağlığına olan etkilerini, maksimum değerini ve giderilme yöntemlerini inceleyebilirsiniz.
➤ İçme ve kullanma suyunda, istenmeyen zehirli maddeleri ayırt ediniz.	➤ İçme ve kullanma suyunda istenmeyen zehirli maddelerin; insan sağlığına olan etkilerini, bu etkilerin giderilme yollarını ve toksik dozlarını inceleyebilirsiniz.
➤ İçme ve kullanma suyundaki kimyasal maddeleri ayırt ediniz.	➤ İçme ve kullanma suyundaki kimyasal maddelerin insan sağlığına olan etkilerini, toksik dozlarını inceleyebilirsiniz. ➤ İçme ve kullanma suyundaki kimyasal maddelerin giderilme yöntemlerini inceleyebilirsiniz.
➤ Suların sertliğini sınıflandırınız.	➤ Geçici ve kalıcı sertlik oluşmasına neden olan kimyasalları inceleyebilirsiniz. ➤ Toplam sertlik oluşmasına neden olan kimyasalları incelemelisiniz. ➤ Suların sertliklerinin ölçülme ve giderilme yöntemlerini inceleyebilirsiniz. ➤ Fransız sertlik dereceleri cinsinden suyun sertliğini derecelendirmelisiniz.
➤ İçme ve kullanma suyundaki radyoaktif maddeleri ayırt ediniz.	➤ İçme ve kullanma suyundaki radyoaktif maddelerin toksit dozlarını ve insan sağlığına olan etkilerini incelemelisiniz. ➤ İçme ve kullanma suyundaki radyoaktif maddelerin giderilme yöntemlerini incelemelisiniz.
➤ Sonuçları, ilgili kurum ve kuruluşlara bildiriniz.	➤ Analiz raporlarını ekleyerek ilgili kurum ve kuruluşlara resmi yazıyla bilgilendirmelisiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Öğrenme faaliyetleri kapsamında aşağıdaki test sorularında doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi, bebeklerde blue-baby denilen hastalığa neden olur?
A) Nitrat.
B) Nitritin.
C) C)Amonyak.
D) Azot.
E) Bor.
2. Aşağıdakilerden hangisi, suya paslı renk veren, boru ve su arıtma sisteminde arızaya yol açan yaygın bir kirleticidir?
A) Nitrat.
B) Demir.
C) Amonyak.
D) Arsenik.
E) Bakır.
3. Aşağıdakilerden hangisi, dişlerde kahverengi lekeler (benekler) bırakan kimyasaldır?
A) Demir.
B) Nitrit.
C) Florür.
D) Çinko.
E) Bakır.
4. Aşağıdakilerden hangisi, suda bulunan fenolik maddelerin neden olduğu problemlerdendir?
A) Bulanıklık.
B) Sertlik.
C) Renk değişmesi.
D) Tat ve koku.
E) Boru, vana ve su saatleri gibi aksamalarda tıkanıklık.
5. Aşağıdakilerden hangisi, içme ve kullanma suyunda istenmeyen zehirli maddelerden biri değildir?
A) Kadmiyum.
B) Krom.
C) Civa.
D) Demir.
E) Nikel.

6. Aşağıdakilerden hangisi, suların dezenfeksiyonu sonucu ortaya çıkan dezenfeksiyon yan ürünlerindendir?
A) Bromat.
B) Fosfat.
C) Baryum.
D) Silikat.
E) Kadmiyum.
7. Aşağıdakilerden hangisi, magnezyum, kalsiyumun sülfat, klorür ve nitrat ile oluşan sertlik çeşididir?
A) Kalıcı sertlik.
B) Geçici sertlik.
C) Toplam sertlik.
D) Fransız sertliği.
E) Alman sertliği.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Suyun mikrobiyolojik özellikleri ve nitelikleri ile ilgili bilgiler verildiğinde, numune analiz sonuçlarına göre suların mikrobiyolojik parametrelerini değerlendirebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Çevrenizdeki içme ve kullanma sularının mikrobiyolojik özelliklerini araştırınız.
- Sularda bulunan mikroorganizmaların neden olduğu hastalıkları araştırınız.
- Sularda bulunan mikroorganizmaların yok edilme yöntemlerini araştırınız
- Araştırdığınız bilgileri sınıf ortamında arkadaşlarınızla paylaşınız.

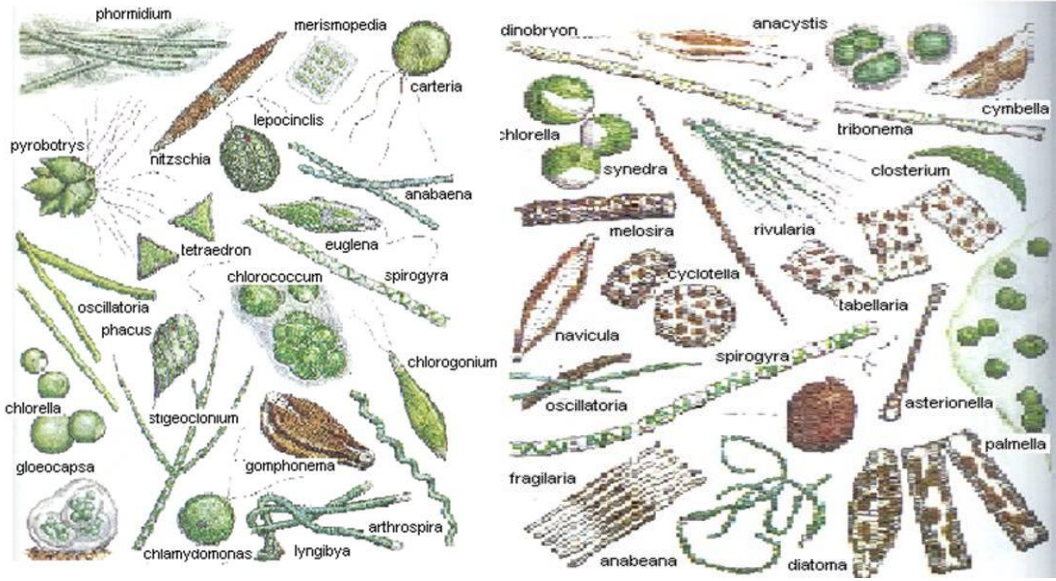
3. İÇME VE KULLANMA SULARININ MİKROBİYOLOJİK PARAMETRELERİ

Su içerisinde mikroorganizmalar, bitkiler (yosun veya diğer tek hücreliler) ve hayvanlar (protozoalar, kurtlar veya kabuklular) bulunabilir. Suda patojenik mikroorganizmalar hariç bu canlılardan belirli miktarda bulunmasının bir zararı yoktur; ancak fazla olması halinde tad, koku ve filtrelerin tıkanması gibi bazı sorunlar ortaya çıkabilir. Diğer taraftan bu organizmaların çoğu su sistemleri için yararlıdır. Örneğin, protozoalar, bakterileri yok ettiklerinden suların kendi kendine temizlenmesine yardım eder.

3.1. Mikrobiyolojik Su Kalitesi

Özellikle çevresel yerleşime açık sular, baraj, göl, deniz suları, sanayi bölgelerine yakın sular, su taşıma ve kanalizasyon sisteminin bozuk olduğu bölgelerdeki sular, kullanılmayan dezenfekte edilmemiş durgun sular insan sağlığına zararlı mikroskobik canlıların üremesi ve yayılması için uygun ortam sağlar. Suya kanalizasyon atıklarının karışıp karışmadığının ve hastalık yapıcı canlıların, (patojenlerin) bulunup bulunmadığının tespit edilmesinde koliform bakterileri gibi canlıların varlığı aranır. Patojenlerin sayısı az bile olsa uygun ortam bulduklarında hızla çoğalır. Bu nedenle kullanıma verilmeden önce, şehir şebeke sularına, klorlama gibi dezenfeksiyon işlemleri uygulanır. Şebeke sularının klorlanmaması, virüs ve bakteri gibi mikroorganizmaların artmasına neden olur.

Mikrobiyolojik su kalitesinin sağlanması için öncelikle yapılması gereken, suyun kirlenmekten korunmasıdır. Su kirlenmesinin erken belirlenmesini sağlayacak izleme ve değerlendirme işlemleri düzenli olarak yapılmalıdır.



Resim 3.1: Kirli ve temiz sularda rastlanan mikroorganizma türleri

3.2. Suyun Doğal Mikroflorası

Suda bulunan mikroorganizmaları üç grupta toplayabiliriz.

- **Suda Doğal Olarak Bulunan Mikroorganizmalar:** Spirillum, Vibrio, Pseudomonas, Achromobacter, Chromobacter türleri ile Micrococcus ve Sarcina'nın bazı türleri. Bu bakterilerin optimum üreme ısıları 25°C veya daha azdır.
- **Toprakta Suyu Geçen Mikroorganizmalar:** Toprağın yıkanması sonucu suya karışır. Bunlar; Bacillus, Streptomyces ve Enterobacteriaceae'nin saprofit türleridir. Bunların da optimum üreme ısıları 25°C veya daha azdır.
- **Normal Olarak İnsan ve Hayvan Atıkları ile Suyu Geçen Mikroorganizmalar:** Başlıcaları; esherichia coli, streptococcus faecalis, clostridium perfringens ve muhtemelen bağırsak patojenleridir. (Salmonella ve vibrio comma gibi)

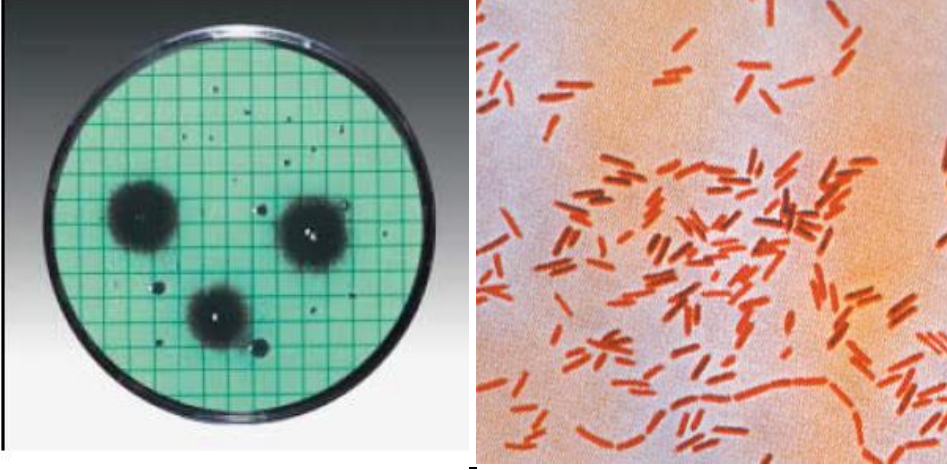
3.2.1. Su ile Bulaşan Önemli Mikroorganizmalar

Su ile yayılan salgınlara su epidemileri denir. Su epidemilerine neden olan salmonella, vibrio, shigella, anthrax, brucellae, ruam gibi birçok patojen bakteriler ve virüsler portörlerin dışkıları ile sulara karışır. Su ile bulaşan başlıca salgın hastalıklar; kolera, tifo, dizanteri ve enfeksiyöz hepatittir.

Su ile bulaşarak hastalık yapan mikroorganizmalar aşağıdaki şekilde gruplandırılır.

3.2.1.1. Bakteri Patojenleri

- **Salmonella:** Tifoya neden olan *S.typhi* en bilinen etkindir. *S.typhi* dışkı ve idrarla atılır. Suda yaşaması değişken olup düşük sıcaklık ve bol besin uygun bir ortam oluşturur. Hayvan rezervuarı bulunmaz. Ağız yoluyla alındığında etkili olur. Suda orta derecede dayanıklıdır ve klora direnci çok düşüktür.



Resim 3.2: Salmonella kolonilerinin görüntüsü

- **Shigella:** Basilli dizanteri olarak da adlandırılır. Dışkı ile atılır. Çoğunlukla akut diyareye neden olur. Shigelliasis sudan kaynaklanan salgınlara neden olmasına karşın tifo'dan daha az rastlanır.
- **Vibrio Cholerae:** Hastalık, hasta kişilerin dışkıları ile yayılır. Yüzeysel sularda bu bakterinin yaşama süresi 1 saatten 13 güne kadar değişmektedir. Diyare, kusma, hızlı su kaybı, kan basıncının azalması, düşük vücut sıcaklığı ile karakterizedir. Kolera salgınları genelde şebeke sularının kirlenmesiyle ortaya çıkar.
- **Enteropatojenik E.Coli:** Atık sularda bol miktarda bulunan bu bakterinin patojenik türü diyareye neden olmaktadır. Hayvan rezervuarı olan bu bakteri, klora karşı dirençsizdir. Ağız yoluyla alındığında etkili olur. Suda orta derecede dayanıklıdır.
- **Leptospira:** Leptospirosis'e neden olan bu bakteri, kan dolaşımına derideki sıyrıklardan veya mukozadan girerek böbrek, karaciğer ve merkezi sinir sisteminde akut enfeksiyonlara neden olur. İdrarla atılır. Suda yaşama süresi bir kaç günden 3 haftaya kadar değişir.
- **Francisella Tularensis ve Pasteurella Tularensis:** Tularemia adı verilen hastalığa neden olur. Leptospirada olduğu gibi etken kan dolaşımına deri sıyrıkları ve mukozalar yoluyla girer. Üşüme, ateş, lenf düğümlerinde şişme ve halsizlik gibi belirtiler ortaya çıkar. Hastalık; dışkı, idrar ve hasta hayvan ölümlerinin su kaynaklarını kirlenmesi sonucu yayılır. Suda yaşama süreleri düşük sıcaklıklarda uzar.

- **Mycobacterium Tuberculosis:** Tüberküloz adı verilen hastalığa neden olur. Su ile bulaşması pek yaygın değildir. Tüberküloz basilinin suda yaşama süresi birkaç hafta olabilir. Düşük ısı ve yüksek organik besin derişimi elverişli koşullar oluşturur.
- Suda bulunan ve sağlık açısından ileri derecede önem taşıyan diğer bakterilere örnek olarak campylobacter jejuni, campylobacter coli, yersinia enterocolitica, S. legionella, pseudomonas aeruginosa ve aeromonas spp sayılabilir.

3.2.2. Viral Patojenler

- **Enfeksiyöz Hepatit:** Hepatit A adı da verilen bu virüs sarılık hastalığına neden olur. Bu hastalık genellikle su ile yayılır. Suda kalıcılığı uzundur ve hayvan rezervuarı bulunmaz. Klora orta derecede dayanıklıdır. Hepatit A, ağız yoluyla alındığında etkili olur.
- **Poliovirus:** Polimiyelitis adı verilen çocuk felci hastalığına neden olur. Temelde kişiden kişiye temasla bulaşmasına karşın kirli sularla da bulaşma bildirilmiştir.

Halk sağlığı açısından önemli diğer virüsler; adenovirüsler, enterovirüsler, nonvask virüs, rotavirüs, nonvask virüsü dışında kalan küçük yuvarlak virüslerdir.

3.2.3. Protozoallar

Bazı protozoa türleri, insan ve sıcak kanlı hayvanların bağırsaklarında yaşar. Bu protozoa türlerinin büyük bir kısmı insanlar için tamamen zararsız olup sağlıklı ve hasta insanların dışkılarında sürekli olarak bulunur; ancak bazı protozoalar patojendir.

- **Entameoba Histolika:** Amebiosise neden olan bu protozoon, dışkı ile kistler halinde atıldığından suda uzun süre kalabilir. Ağız yoluyla alındığında, etkili olur. Protozoa bağırsak çeperinde delik açar ve bazı durumlarda bağırsakta çatlamaya neden olur. Klora direnci yüksektir. Hayvansal kaynağı bulunmaz. Suda orta derecede dayanıklıdır.
- **Naegleria Gruberi:** Amibin patojen cinsi olan N.gruberi, menenjit nedenlerindendir. Patojen vücuda burundan girerek beyin, omurilik sıvısı ve kan dolaşımına ulaşır. Semptomlar, su ile temasdan 4-7 gün sonra görülmeye başlar. Ölüm genellikle semptomlardan 4-5 gün sonra gerçekleşir. Hastalık kirli sularda yüzme ile deriden bulaşır ve suda çoğalır. Klora orta derecede dayanıklıdır. Hayvan rezervuarı bulunmaz.

Halk sağlığı açısından tehlikeli olan diğer protozoalar; giardia intestinalis, cryptosporidium parvum, acanthamoeba spp, balantidium colidir.

3.2.4. Parazitler

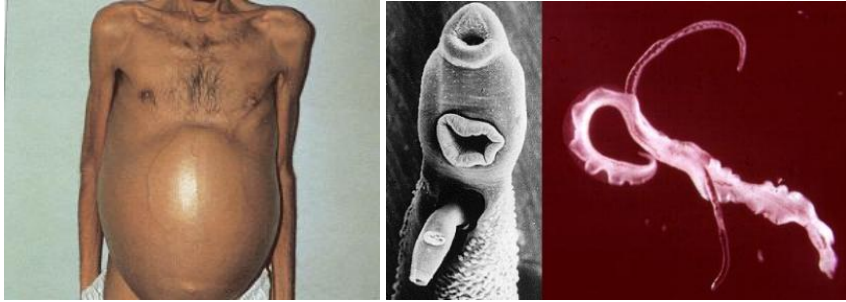
- **Taenia Saginata:** Sığır tenyası denilen hastalığa neden olan bu parazit insanlara parazitin yumurtasını taşıyan suların ağız yoluyla alınması ile de bulaşır.

- **Ascaris Lumbricoides:** Ascariasis denilen hastalığa neden olan bu parazit daha çok çocuklarda görülür. Dışkı ile atılan yumurtalar toprak ve suda uzun süre canlı kalabilir. Atık su arıtma tesislerinde çalışanların %2 'sinde, atık su ile sulama yapan çiftçilerin % 16'sında hastalık görülür.



Resim 3.3: Ascaris lumbricoides (kıl kurdu)

- **Shistosoma:** Shistomiasise neden olup hastanın idrar veya dışkısı ile kirlenmiş sularda görülür. Deriden etkilidir. Hayvan rezervuarı bulunmaktadır. Kloro direnci düşüktür. Suda çok kısa süre kalmaktadır.



Resim 3.4: Shistomiasisli hasta ve Shistosoma parazitinin görüntüsü

- **Su ile bulaşan diğer paraziter hastalıklar:**
- **Trematodeların Sebep Olduğu Hastalıklar:** Dicrocoeliasise, distomatose, schistosomiasise.
 - **Cestodeların Sebep Olduğu Hastalıklar:** Eschinococcosis, taeniasise, cysticercosis, sparganosis.
 - **Nematodeların Sebep Olduğu Hastalıklar:** Ascariasis, dracunculosis, oxyuriasis, anguillulosis, ankylostomiasis, necatorosis, trichostrongylosis, haemonchosis, trichuriasis.
 - **Protozoon'ların Sebep Olduğu Hastalıklar:** Amipli dizanteri, lambliesis, trichomoniasis, ishal, balantidium dizanterisi, coccidiosis.
 - **Leptospiraların Sebep Olduğu Hastalıklar:** Icterus septic haemorrhagicus, yedi gün humması.

- **Su ile Geçebilen Diğer Parazitler:** En önemlisi olarak sülükleri söyleyebiliriz. Bunlar kan emerek canlı organizmayı zayıf düşürür.

Su ile bulaşan bazı patojenler ve oluşturduğu hastalıklar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Patojen	Oluşturduğu Hastalık
Bakteriyel Patojenler	
Shigella spp.	Basilli dizanteri
Vibrio cholerae	Kolera
Salmonella typhi, Salmonella spp.	Tifo, Salmonellosis
Yersinia enterocolitica	Yersiniosis
Campylobacter jejuni	Campylobacter gastroenteriti
Legionella pneumophila	Legionellozis
Escherichia coli (enteropatojenik)	Enteropatojenik E. coli gastroenteriti
Viral patojenler	Gasroenterit, kalp anomalileri, menenjit
Enterovirüsler (Polio, eco ve Coxackie virüsü)	Poliomiyelit
Hepatit A	Enfeksiyöz Hepatit
Norwalk ajanı	Gastroenterit
Reovirus	Gastroenterit
Rotavirus	Gastroenterit
Protozoa	
Balantidium coli	Balantidial Dizanteri
Entamoeba histolitica	Ampi Dizanteri
Giardia lamblia	Giardiasis
Acanthamoeba castellani	Amöbik meningoensefalit
Cryptosporidium	Cryptosporidiosis
Naegleria spp	Meningoensefalit
Helmintler	
Ascaris lumbricoides	Askariasis
Enterobius vericularis	Enterobiozis
Trichuris trichiura	Trichuriasis
Taenia saginata ve Taenia solium	Taeniasis
Schistosoma spp.	Schistosomiosis

Tablo 3.1: Su ile bulaşan bazı patojenler ve oluşturduğu hastalıklar

3.3. Mikrobiyolojik Analizler

İçme ve kullanma suyunun mikrobiyolojik açıdan güvenilir olup olmadığını ve kalite kriterini sağlayıp sağlamadığını kontrol etmek için mikrobiyolojik analizler yapılır. Sularda bulunabilecek tek hücreli veya çok hücreli patojenik organizmaların varlığı, miktarı, özellikleri bu testlerle belirlenir. Tüm mikrobiyolojik analizlerin temel prensibi; numunedeki mikroorganizma varlığı ve sayısını doğru olarak belirlemek, mikroorganizmanın çeşitli özelliklerini doğru olarak saptamaktır. Su mikrobiyolojisinde temel iki amaç; sularda hastalık yapan mikroorganizmaların varlığının ve mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesidir.

Su için çok farklı mikrobiyolojik analiz teknikleri uygulanır. Su mikrobiyolojisinde analizlerin büyük çoğunluğu mikroorganizma arama ya da sayma şeklindedir. Bunları, tanımlamaya yönelik testler izler.

Sulardaki mikrobiyolojik analizler temel olarak aşağıdaki gibi gruplandırılabilir:

- **Var/ Yok Testleri:** Var/ yok testlerinde mikroorganizmanın sayısı önemli değildir. Belirli bir hacim içinde belirli bir mikroorganizmanın olup olmadığı araştırılır. Genellikle patojenlere uygulanan bir yöntemdir ve zenginleştirme işlemleri ile analiz yapılır.
- **Sayım:** Varlığına genellikle belirli sınırlar içinde izin verilen mikroorganizmalar için yapılır.
- **Diğer Testler: (mikroorganizma tanımlama vb.)** Mikroorganizma sayımı, en yaygın olarak katı besiyerinde koloni sayımı ve en muhtemel sayı (EMS) yöntemi ile yapılır. Ayrıca, metabolizmaya ve/ veya standarda dayalı sayım yöntemleri ve mikroskopik sayımlar da uygulanabilir. Koloni sayımı, dökme ya da yayma kültürel sayım şeklinde yapılabileceği gibi membran filtrasyon sistemi ile de yapılabilir.
- **Membran Filtrasyon Sistemi:** En yoğun kullanılan analiz tekniğidir. Membran filtrasyon yöntemi ile yapılan mikrobiyolojik analizlerde, 1-2 ml temsili numune yerine çok daha büyük miktarlarda numunenin, bazen de ürünün tamamının analizi yapılabilir. Bu özellik, bize ürünün çok az sayıda mikroorganizma içermesi halinde dahi, mikroorganizma yükünü tespit edilebilme imkânı sağlar.



Resim 3.5: Membran filtre yönteminin uygulanması

3.4. İndikatör Mikroorganizmalar

İnsan vücudu açısından yalnızca patojenik mikroorganizmalar önem taşır. Hastalık etkenleri olan mikroorganizmaların bakteriyolojik muayeneleri zor olduğundan gösterge (indikatör) organizmalar kullanılır.

3.4.1. Koliform Bakteriler

Bulaşıcı bağırsak hastalıkları, dışkı ile kirlenmiş sular vasıtasıyla taşınır. Enfeksiyonlu kişilerin dışkılarında bulunan patojen mikroorganizmalar arasında bakteriler, virüsler, parazitler ve protozoalar yer alır. Su kaynaklarının dışkı ile kirlenip kirlenmediğini tayin etmek için aslında kendisi patojen olmayan koliform bakteriler indikatör organizma olarak kullanılır.

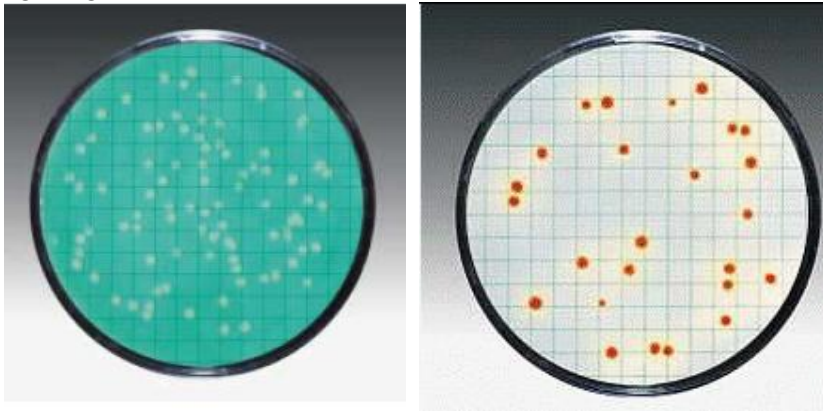
3.4.2. Toplam Koliform (Total Coliform)

Koliform gurubu içindeki birkaç mikroorganizma tipi patojenlerin göstergesidir. Koliformun analizinin kolay olması açısından global bir parametredir. Suyun içine kanalizasyon karışabileceğinin bir göstergesidir.

3.4.3. Escherichia Coli /Koliform Bakterisi (E.koli)

E-kolinin sularda bulunması, zararlı mikroorganizmaların varlığının bir işaretidir. Escherichia coli, insan ve hayvan dışkısında son derece fazla miktarda bulunur. (Taze dışkının 1 gramında 10^{10} adet bulunabilir.) Bu sebeple bir içme suyu kaynağı tahlil edildiğinde, E-Koli bulunmuşsa bu suyun; insan, memeli hayvan veya kuşların dışkılarıyla kirlendiği anlaşılır.

Herhangi bir şekilde fekal kontaminasyona maruz kalmış atık su, doğal sular, toprak gibi kaynaklarda bulunabilir. Yapılan analizlerde suda E.coli veya termotoleran bakteri saptanması o suda fekal kontaminasyon olduğunu ve/veya yapılan arıtma işlemlerinin yetersiz olduğunu gösterir.



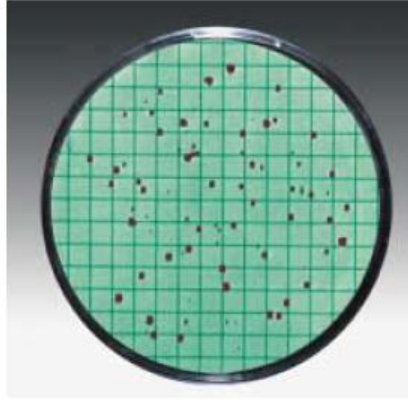
Resim 3.6: Escherichia coliform bakterinin mikroskop altında iki farklı görüntüsü

3.4.4. Clostridium Perfringens Sporları/ Sülfid İndirgeyen Clostridiumlar

Anaerobik, spor oluşturan bu mikroorganizmaların en önemli örneklerinden birisi, clostridium perfringens'tir. C.perfringens, E.coli'ye göre çok az olmakla birlikte dışkıda normal olarak bulunur. C.perfringensin esas kaynağı dışkı değildir. Doğada sıklıkla saptanır. Clostridium sporları suda diğer mikroorganizmalardan daha uzun süre canlı kalabilirler ve dezenfeksiyona son derece dirençlidirler. Uzun süre canlı kalabilmeleri nedeni ile aralıklı ve uzak mesafeden kaynaklanan kontaminasyonun en önemli göstergeleridir.

3.4.5. Fekal Streptokoklar (Streptococcus Faecalis)

Fekal streptokoklar, genellikle insan ve hayvanların dışkısında bulunur. Kirli sularda nadiren çoğalırlar; ancak E.coli ve koliform bakterilerden daha dayanıklıdırlar. Dolayısıyla su kalitesi kontrolündeki primer değerleri, arıtma işlemlerinin etkinliğini ölçmede sekonder indikatör mikroorganizma olmalarıdır.



Resim 3.7. Atık suda streptokokların görüntüsü

3.4.6. Aeromonas Türleri ve Pseudomonas aeruginosa

Su hijyeninin kontrolü amacı ile analizi önerilen mikroorganizmalardandır. Şehir şebekesi sularında, arıtma tesislerinin genel temizliğinin araştırılmasında ve şişe sularının hijyenik kalitelerinin kontrolünde önemlidir.

3.4.7. Koloni Sayımı

Suda genel bakteri miktarını ortaya koymak için yapılır. Suda bulunan tüm bakterileri ortaya koymaz; sağlanan üreme şartlarında gelişebilen ve koloni oluşturabilen bakteri miktarını saptamak için kullanılır. Suyun arıtımı ve dezenfeksiyonunun etkinliğini dağıtım aşamalarında ölçmek için kullanılır. Sonuçlar, Colony Forming Units (CFU) olarak ifade edilir. Genel olarak içme ve kullanma sularında 22°C - 37°C arasında koloni sayımı yapılır.

- Kaynağından alınan numunenin 1 mililitresinde jerm sayısı; 37°C ' de 24 saatte 20 koloni, 20-22°C 'de 72 saatte 50 koloni,

- Piyasa kontrollerinde alınan numunenin 1 mililitresinde jerm sayısı; 37°C ‘ de 24 saatte 100 koloni, 20-22 °C ‘de 72 saatte 200 üzerinde koloni bulunmamalıdır.
- Bu suyun 100 mililitresinde koliform, fekal (termotolerant) koliform, E. coli, fekal streptokok, salmonella, pseudomonas, eariginosa, patojen stafilokoklar, parazitler, yosunlar ve diğer mikroskopik canlılar bulunmamalıdır. Suyun bir mililitresinde anaerob sporlu sülfat redükte eden bakteriler ve bir litresinde enterovirüsler bulunmamalıdır.

Suyun mikrobiyolojik kontrolü amacıyla yapılan analizlerin standartları, TSE tarafından oluşturulmuştur. Laboratuvarlar bu standartlara göre çalışır.

3.5. Suyun Mikrobiyolojik Yönden Muayenesi ve Değerlendirilmesi

Suyu mikrobiyolojik yönden, kaynak, arıtım ünitesi, isale ve şebekeler sürekli kontrol altında tutulmalı; toplum sağlığını tehlikeye düşürecek bir durum oluşmuşsa gereken tedbirler alınmalıdır.

Arıtım ünitelerinde;

- Suyun günlük rutin analizleri (bulanıklık, pH, sıcaklık, organik madde) yanında haftalık, 15 günlük, aylık ve olağan üstü durumlarda (sel, deprem, salgın hastalık) kimyasal ve bakteriyolojik analizleri yapılarak kayıt altına alınmalı,
- Şehir suyuna bağlı akvaryum bulunmalı ve suyun toksikolojik analizi buradan takip edilmeli,
- Belli aralıklarla şehirdeki depolardan ve uç noktalardan örnek alınarak suyun kimyasal ve bakteriyolojik analizi yapılmalı,
- Mikrobiyolojik kirlenmeye karşı düzenli olarak sular dezenfekte edilmeli; zararlı mikroorganizmaların giderilmesinde; klorlama, ozonlama, ultraviyole ve distilasyon (su kaynatma) gibi çeşitli yöntemler kullanılmalıdır.

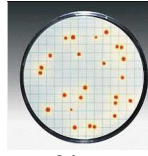
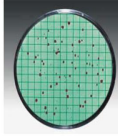
Uluslararası içme suyu standardına göre;

- İyi klorlanmış suyun 100 ml’inde koliform organizma bulunmamalı,.
- Klorlanmamış suyun temiz kabul edilebilmesi için 100 ml’inde hiç Escherichia coli bulunmamalı,(Koliform ise en çok 3 adet olabilir.)
- Bir yılda alınan örneklerin %95’inde koliform olmamalı,
- Peşpeşe alınan örneklerde de yine koliform olmamalı,(Kırsal kesimde kullanılan sularda zaman zaman 10 koliform bulunmasına izin verilebilir.)
- Şişe sularının 100 ml’inde E. coli veya koliform mikroorganizma hiç olmamalıdır.

Bazı özel kullanım alanları hariç su; renk, koku, mikroorganizma ve kimyasal maddeler yönünden dünya genelinde kabul görmüş içme ve kullanma suyu kriterlerine uyumlu hale getirilmelidir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Suyun mikrobiyolojik özellikleri ve nitelikleri ile ilgili bilgiler verildiğinde, numune analiz sonuçlarına göre suların mikrobiyolojik parametrelerini değerlendiriniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Analiz sonucuna göre, suda tespit edilen mikroorganizma türlerini ayırt ediniz.	➤ Suda doğal olarak bulunan, toprakta suya geçen ve hayvan atıkları ile suya geçen ve mikroorganizmaları incelemelisiniz. ➤ Su ile bulaşan önemli mikroorganizmaları incelemelisiniz.
➤ Suda yapılan mikrobiyolojik analiz türlerini ayırt ediniz.	➤ Var/yok testlerinin nerelerde kullanıldığını incelemelisiniz. ➤ Sayım yönteminin niçin yapıldığını incelemelisiniz. ➤ Mikroorganizma tanımlama yönteminin nerelerde kullanıldığını incelemelisiniz. ➤ Membran filtrasyon yönteminin özelliklerini incelemelisiniz.
➤ Analiz sonucuna göre, suda istenmeyen patojen mikroorganizma türlerini ayırt ediniz.	➤ Escherichia colinin insan sağlığına etkilerini incelemelisiniz.  ➤ Clostridium perfringens sporlarının insan sağlığına etkilerini incelemelisiniz. ➤ Fekal streptokokların insan sağlığına etkilerini incelemelisiniz.  ➤ Aeromonas türleri ve pseudomonas aeruginosanın insan sağlığına etkilerini incelemelisiniz.
➤ Patojen mikroorganizmaların suya karışma kaynaklarını tespit ediniz.	➤ Suyun kirliliğini önlemeye yönelik tedbirleri almalısınız. ➤ Suyun kirlilik parametre değerlerini TSE'ye göre incelemelisiniz. ➤ Suyu, uluslararası içme suyu standardına göre incelemelisiniz.

➤ Sonuçları, ilgili kurum ve kuruluşlara bildiriniz.	➤ Su ile ilgili yapılan mikrobiyolojik çalışmaları rapor haline getirmelisiniz. ➤ Resmi yazışma kurallarına uymalısınız. ➤ Değerlendirme sonuçlarını ilgili kurum ve kuruluşlara bildirmelisiniz.
---	--

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Öğrenme faaliyetleri kapsamında, aşağıdaki test sorularında, doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi, kan dolaşımına derideki sıyrıklardan veya mukozadan girerek böbrek, karaciğer ve merkezi sinir sisteminde akut enfeksiyonlara neden olan ve suyla bulaşan mikroorganizmadır?
A) Salmonella.
B) Vibrio.
C) Leptospira.
D) Tularemia.
E) Hepatitis.
2. Aşağıdakilerden hangisi, tifonun etkenidir?
A) Salmonella.
B) Vibrio.
C) Shigella.
D) Anthrax.
E) Brucellose.
3. Aşağıdakilerden hangisi, suyla bulaşan viral patojenlerdendir?
A) Tularemia.
B) Leptospira.
C) Shigella.
D) Polimiyelitis.
E) Giardia intestinalis.
4. Aşağıdakilerden hangisi, suyla bulaşan protozoal hastalıklardandır?
A) Taenia saginata.
B) Entameoba histolika.
C) Ascaris lumbricoides.
D) Shistosoma.
E) Tularemia.
5. Aşağıdakilerden hangisi, suyla bulaşan paraziter hastalıklardandır?
A) Entameoba histolika.
B) Balantidium coli.
C) Leptospira.
D) Shigella.
E) Ascaris lumbricoides.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Modül sonunda kazandığınız yeterliği aşağıdaki soruları cevaplandırarak değerlendiriniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi, suyun kalitatif ve kantitatif sınırlamalarını ifade eder?
A) Su analiz parametreleri.
B) Su ile ilgili mevzuat.
C) Su kalitesi kriterleri.
D) Su kalitesi standartları.
E) Suyun kimyasal parametreleri.
2. Aşağıdakilerden hangisi, gıda ve tekstil gibi kaliteli su gerektiren sanayiler hariç, uygun bir arıtmadan sonra sanayide kullanılabilen su türüdür?
A) I. Sınıf.
B) II. Sınıf.
C) III. Sınıf.
D) IV. Sınıf.
E) V. Sınıf.
3. Aşağıdakilerden hangisi, bir solüsyonun renk yoğunluğunu ölçerek elde edilen değeri belirli bir maddenin yoğunluğu ile ilişkilendirme prensibine dayanan analiz türüdür?
A) Gravimetrik.
B) Titrasyon.
C) Elektro kimyasal.
D) Spektrofotometrik.
E) Kromatografi.
4. Aşağıdakilerden hangisi, içme suyunun ideal sıcaklığıdır?
A) 8/ 15°C arası.
B) 5/ 12°C arası.
C) -5/ +4°C arası.
D) 26/ 33°C arası.
E) 35/ 37°C arası.
5. Aşağıdakilerden hangisi, suların renklerinin düzenlenmesinde kullanılan proseslerden biri değildir?
A) Pıhtılaştırma. (koagülasyon)
B) Çökeltme.
C) Filtrasyon.
D) Ters ozmos.
E) Oksidasyon.

6. Aşağıdakilerden hangisi, su ilk geldiğinde temiz fakat durdukça kırmızı-kahverengi veya siyah partiküller ortaya çıkmasının sebebidir?
- A) Çözünmüş demir veya mangan.
B) Suda bitkisel varlıklar.
C) Su içindeki çürümüş bitkiler.
D) Ağaç ve sebze artıkları gibi organik maddelerin suda çözünmesi.
E) Tekstil, boya vb. sanayi atıklarının sulara karışması.
7. Aşağıdakilerden hangisi, askıda katı madde içeren suların ışık geçirgenliğinin bir ölçüsüdür?
- A) Renk.
B) Tad.
C) Bulanıklık.
D) Koku.
E) İletkenlik.
8. Aşağıdakilerden hangisi, pH'ın yüksek olduğunda ortaya çıkan sakıncalardan biri değildir?
- A) Taş yapma özelliği olur.
B) Arıtma tesislerinde, şebeke sisteminde, evlerde metaller üzerinde aşındırıcı etki yapar.
C) İçme suyunda ilave kirlilik yaratır.
D) Suda tat problemi ortaya çıkar.
E) Suya sabunumsu bir kayganlık hissi verir.
9. Aşağıdakilerden hangisi suyun tadının düzeltilmesinde kullanılan proseslerden biridir?
- A) Pıhtılaştırma. (koagülasyon)
B) Çökeltme.
C) Filtrasyon.
D) Ters ozmos.
E) Aktif karbon.
10. Aşağıdakilerden hangisi, bikarbonatlardan oluşan ve kaynatmayla ya da aktif kireç ilavesi ile karbonat şeklinde çökerek bertaraf edilebilen sertliktir?
- A) Fransız sertliği.
B) Kalıcı sertlik.
C) Toplam sertlik.
D) Geçici sertlik.
E) İngiliz sertliği.
11. Aşağıdakilerden hangisi, suyun elektrik akımını iletme kapasitesi veya çözeltinin elektrik akımını geçirmeye karşı gösterdiği dirençtir?
- A) Bulanıklık.
B) İletkenlik.
C) Sertlik.
D) Kalıcı sertlik.
E) Çözünürlük.

12. Aşağıdakilerden hangisi, suların insan, memeli hayvan veya kuşların dışkılarıyla kirlendiğinin bir işareti olan sularda indikatör olarak kullanılan mikroorganizmadır?
- A) Escherichia coli.
 - B) Pseudomonas aeruginosa.
 - C) Streptococcus faecalis.
 - D) Clostridium perfringens.
 - E) Koliform bakteriler.
13. Aşağıdakilerden hangisi, suların mikrobiyolojik analizlerinden değildir?
- A) Var/ yok testleri.
 - B) Sayım.
 - C) Katı besiyerinde koloni sayımı.
 - D) Membran filtrasyon.
 - E) Ultra filtrasyon.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ 1'İN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	C
3	D
4	A
5	E

ÖĞRENME FAALİYETİ 2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	A
2	B
3	C
4	D
5	D
6	E
7	E

ÖĞRENME FAALİYETİ 3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	A
3	D
4	B
5	E

MODÜL DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI

1	C
2	C
3	D
4	A
5	D
6	A
7	C
8	B
9	E
10	D
11	B
12	A
13	E

ÖNERİLEN KAYNAKLAR

- Çevre Denetimi Yönetmeliği, 2008,
<http://www.cevreorman.gov.tr/yasa/kanun.asp>
- Çevre Sağlığı Denetimi ve Denetçileri Hakkında Yönetmelik, 2002.
- Çevre Sağlığı Memurları Yönetmeliği, 3017 Sayılı Kanunun 32. Maddesi
Gereğince Çıkarılan 14.06.1965 Tarihli ve 12075 Sayılı Resmi Gazete
- ÇOBANOĞLU Zakir, **Sular Bilgisi**, Türk Sağlık Eğitim Vakfı Yay, Ankara, 2001.
- DİRİCAN Rahmi, **Toplum Hekimliği (Halk Sağlığı) Dersleri**, Hatiboğlu Yayınevi, Ankara, 1990.
- GÜLER Çağatay, **Su Kalitesi**, Aydoğdu Ofset, Ankara, 1997.
- GÜLER, Çağatay. Zakir ÇOBANOĞLU, **Su Kirliliği**, Aydoğdu Ofset, Ankara, 1994.
- KARPUZCU, Mehmet, **Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü**, Kubbealtı Neşriyatı: 28 (ISBN 975-7663-10-7), Dördüncü Baskı, İstanbul, 1994.
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2004.
- TSE 266. Sular – İnsani Tüketim Amaçlı Sular, **Türk Standardları Enstitüsü**, Ankara,
- USLU Orhan, Ayşen TÜRKMAN, **Su Kirliliği ve Kontrolü**, TC.Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 1987.
- <http://www.cevreorman.gov.tr>
- <http://www.dsi.gov.tr>
- <http://www.meteor.gov.tr>
- <http://www.saglik.gov.tr/SS/MevzuatGoster.aspx>, 29.02.2008

KAYNAKÇA

- “Çevre Denetimi Yönetmeliği”, 2008,
<http://www.cevreorman.gov.tr/yasa/kanun.asp>
- “Çevre Sağlığı Denetimi ve Denetçileri Hakkında Yönetmelik ”, 2002
<http://www.saglik.gov.tr/SS/MevzuatGoster.aspx>, 29.02.2008
- “Çevre Sağlığı Memurları Yönetmeliği”,3017 Sayılı Kanunun 32. Maddesi
Gereğince çıkarılan14/06/1965 Tarihli ve 12075 Sayılı Resmi Gazete
- “**Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği**”, 2004.
<http://www.cevreorman.gov.tr/yasa/y/25687.doc> (29.02.2008)
- ÇOBANOĞLU Zakir, **Sular Bilgisi**, Türk Sağlık Eğitim Vakfı Yay, Ankara, 2001.
- DİRİCAN Rahmi, **Toplum Hekimliği (Halk Sağlığı) Dersleri**, Hatiboğlu Yayınevi, Ankara, 1990.
- GÜLER Çağatay, **Su Kalitesi**, Aydoğdu Ofset, Ankara, 1997.
- GÜLER Çağatay. Levent AKIN, **Halk Sağlığı Temel Bilgiler**, Hacettepe Üniversitesi Yayınları. Ankara, 2006.
- GÜLER Çağatay. Zakir ÇOBANOĞLU, **Su Kirliliği**, T.C. Sağlık Bakanlığı, Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi: 12. Ankara, 1994.
- Türk Gıda Kodeksi, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik
- USLU Orhan. Ayşen TÜRKMEN, **Su Kirliliği ve Kontrolü**, TC. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara,1987.
- <http://www.cevreorman.gov.tr>
- <http://www.dsi.gov.tr>
- <http://www.meteor.gov.tr>
- <http://www.sumikrobiyolojisi.org>
- www.wwf.org.tr