

BİLİM DAMLALARI

Doç.Dr. Selçuk ALSAN

SU KİRLENMESİ

Suyun Dünyadaki Dağılışı Nasıldır?

Dünyada 1,4 milyar kere milyar ton su vardır; bu kişi başına 420 milyon ton su demektir.

Okyanuslar dünyanın % 71'ini kaplar ve dünyadaki suyun %97'sini içerir. Deniz suyu %3,5 oranında erimiş tuzlar içerir. Kalan %3 tatlı sudur. Tatlı suyun 3/4'ü buzullardadır, kalan 1/4'ün büyük bölümü yeraltı sularıdır. Göller ve ırmaklar kara tatlı sularının %1,5'ini oluşturur. Dünya suyunun %0,01'i ırmak ve göller (yüzeysel su) ve % 0,75'i yeraltı sularıdır. Dünyadaki su miktarı, petrol türevlerinin yanması sonucu yılda 5 milyar ton artmaktadır.

Temiz Su Denince Neyi Anlıyoruz? Suyu Neler Kirletebilir?

Kirlenmiş içme suyu kokar. Böyle bir suyun tadı boz olur. Kirli su bulanık ve renklidir. Çamaşır yıkamada kullanılırsa çamaşırı boyar. Kirli suyun içinde çamur, yosunlar ve asalak bitkiler bulunur. Kirli su balıkları öldürebilir. Suyu kirleten şey, içindeki maddelerin miktarından çok niteliğidir. Örneğin okyanus suyu % 3,5 oranında tuzlar içerdiği halde, pınar suyu kadar berrak ve kokusuzdur. Buna karşı lağım suyu % 0,1 yabancı madde içerdiği halde, bulanık ve çok pis kokuludur.

Göl suyunda milyonda 0,01 kısım (0,01 ppm) fosfor oluşu bile yosun üremesine neden olur. İmbiklenmiş suda bile 5 ppm (ppm=part per million= milyonda kısım) yabancı madde vardır. Kirlenmemiş doğal sular 50-1000 ppm, deniz suyu 35.000 ppm yabancı madde içerir. 1 ppm 1 ton suda 1 gr yabancı madde demektir (1m³'de 10⁶ cm³ olduğu için). Bunu yüzde olarak ifade edersek 1 ppm= %0,0001'dir.

Suda en fazla anorganik yabancı maddeler bulunur. Bunlar fazla miktarda bulunmadıkça suyun görünümünü değiştirmezler; yalnız birkaçı suyun rengini değiştirir. K, P ve N gübrelerde mevcuttur ve buradan suya karışabilir. NaCl asil deniz suyunda bulu-

nursa da "tatlı" sularda da 300 ppm kadar NaCl bulunur. Tuzlu su tadı 350 ppm'den sonra alınır.

Bazı kuyulardan veya terkedilmiş madenlerden gelen suyun kırmızı renkte oluşu, suda az eriyen demir karbonat nedeniyledir. Bunun için 0,05 ppm demir karbonat yeterlidir. Suda NaCl veya demir karbonat bulunuşu nisbeten zararsızdır.

Suya Hg, Pb ve Cd tuzları karışabilir; bunlar çok toksik metallerdir. Örneğin Hg'nın içme suyunda milyarda 2'den fazla oluşu zehirlenmeye yol açar.

Birçok fosfatlar, örneğin kalsiyum fosfat, sudaki suda erimeyen tuzlara bir örnektir. Fakat fosfat suda birkaç ppm erir; bu ise yosunların ve zararlı otların üremesini çok hızlandırır.

Birçok yerde içme suları 1000 ppm civarında zararsız tuzlar içerir; içme suyunun tadını bu tuzlar verir. İçinde anorganik tuzlar olmayan suların tadı yoktur.

İçme suyunun bile içinde neden tuzlar bulunmaktadır? Yağmur suları toprağın altına süzülürken topraktaki tuzları eritirler. Bu nedenle pınar, ırmak ve göl tuzları 1000 ppm'e kadar tuzlar içerir.

Suyu kirletici anorganik maddeler Fe, PO₄'lar, Hg, Cu, Mn, siyanürler ve nitrat'dır. Cu 1 ppm'de bile birçok canlı için toksiktir. Bu nedenle CuSO₄ yosun üremesini önlemede kullanılır. Çok az miktarda Mn (0,03 ppm) bile suyu boyar. Siyanürler çok zehirlidir, elektrolizle kaplama endüstrisinde kullanılmaktadır. İçme suyunda 50 ppm nitrat bile bebeklerde "mavi bebek" hastalığını yapar (methemoglobinemi). Nitrat göllerde yosun büyümesini hızlandırır. Sulara nitrat karışmasının başlıca 4 nedeni vardır: Nitratlar suda erir, toprağa absorbe olmaz ve baklagillerin köklerinde bazı bakteriler yardımıyla havadaki N'dan oluşur. Canlılar ölüp çürüyünce yapılarındaki N toprağa NO₃ olarak geçer.

Suyun bulanık oluşu genellikle içinde, suda erimeyen kil bulunuşudur. Kil O₂, Si ve Al içerir, suya suyun toprak ve kayaları aşındırması sırasında katılır. Göllerin ve ırmakların doğal karışması ve girdapları, çok küçük ve suda erimez kil parçacıklarını suda asılı durumda (süspansiyon) tutar. Sudaki inorganik maddeler, bakteriler tarafından çok az kullanıldıklarından, suda sürekli kalırlar.

Suda Organik Yabancı Maddeler de Var mıdır? Bunlar Zararlı mıdır?

Suya yağlar, proteinler, karbonhidratlar, bazı şekerler ve alkoller karışabilir. Suda organik maddelerin artışı, suda erimiş olan O₂'i tüketir. Normalde atmosferik O₂ suda erir ve orta ısılarıdaki bir su 7-10 ppm (%0,0007-0,001) O₂ tutabilir. Sulara organik madde karışması, bu az miktardaki O₂'i kullanır, bunun sonucu olarak balıklar O₂'sizlikten ölüyor ve O₂ yokluğunda görülen (anaerobik) kimyasal reaksiyonlar başlar. Bu anaerobik reaksiyonlar sonucu su pis kokar. Suda milyarda birkaç oranda organik

maddeler suyun tadını bozar ve pis kokuya neden olur.

Sudaki bakteriler, sudaki organik maddelerin bir bölümünü besin olarak kullanıp yok eder. Ne yazık ki, bugün yılda 10.000 adet yeni organik madde sentez edilmektedir ve bunların çoğu su bakterilerince ayrıştırılmaz. Bunlar suya çok az miktarlarda karışsa bile sağlığa zararları olur. Buna bir örnek pestisidlerden DDT'dir. Ham petrol ve mazot bakteriler tarafından yavaş bir şekilde ayrıştırılır; bu nedenle suların bu maddelerle kirlenmesi uzun süre devam eder ve birçok balığı vb. öldürür.

Suların Organik Maddelerle Kirlenmesi BOD ile İfade Edilmektedir. BOD Nedir?

BOD biyokimyasal oksijen demandının (ihtiyacının) baş harfleridir. BOD organik maddelerle kirlenmiş bir suda, bakterilerin organik maddeyi parçalarken kullandıkları O₂ miktarını ifade eder. Bakteriler organik maddeleri parçalarken O₂ kullanırlar. Tabii ki, BOD ancak biodegradabl (bakterilerce parçalanabilir) organik maddelerin miktarı için bir ölçüdür. Örneğin DDT de organik bir maddedir; fakat DDT bakterilerce parçalanmadığından DDT'li suların BOD'si sıfırdır. Bazı gıda endüstrisi artık sularının BOD'si 100.000 ppm, lağım suyunun BOD'si 200 ppm, göl suyunun 2 ppm ve içme suyunun sıfır ppm'dir.

Musluk Suyu Nasıl Temiz Hale Getirilmektedir?

Bir göl veya ırmak suyu şehir boru şebekesine verilmeden önce, su saflaştırma fabrikalarından geçmektedir. Burada 4 işlem yapılmaktadır:

1) Bulanıklık gidermek: Bulanıklığı veren, suda asılı kil parçacıklarıdır. Su, 2000 yıl önceki bir yöntemle, 30-180 cm kalınlığında kum tabakasından geçirilerek berrak hale getirilmektedir. Kumdan filtre etmek hem bulanıklığı, hem yosunları, hem de bakterileri yok eder. Bu filtrasyon fiziksel, kimyasal ve biyolojik olup gerçek bir süzme değildir. Çünkü kum tanecikleri arasındaki mesafe, parçacıkları tutamayacak kadar büyüktür. Sudaki kil parçacıklarını çöktürme, suya şap (alüminyum sülfat) veya kireç (CaO) ve MgCO₃ eklenerek hızlandırılır. Bulanık sudan çöken kil de bir sorundur. Örneğin ABD'deki 3600 su temizleme fabrikası yılda 1 milyon ton çamur üretmektedir. Bu kadar çamuru ne yapmalı? Eskiden bu çamurun büyük bir bölümü akarsulara verildi. Şapla çökmüş bu yağlı, jelatinöz çamur ırmaktaki canlıları olumsuz etkiliyor, balıkların yumurtlama alanlarını kirliliyor, dalga ve akıntılarla karıştığında suyu bulandırıyor. Bu çamurun bir bölümü büyük havuzlarda veya lagünlerde kurutulmaktadır. Bir bölümü ise kanalizasyon sistemine verilir ve lağım suyu temizleme fabrikalarına gelir. Bugün şap yerine CaO+MgCO₃ kullanılması sonucu çamur yerine kil+CaCO₃ karışımından oluşan kireç taşları elde edilmektedir. Bu katı artıklar toprağa verilmektedir.

Suların berraklaştırılmasında, özellikle çok bulanık iseler, karbon tozları da (aktif kömür) kullanılmıştır ve kullanılmaktadır.

2) Suyun sertliğini gidermek: Ca, Mg ve Fe içeren sulara sert sular denir. Bu metaller sabunla reaksiyon vererek peynirimsi bir çöküntü oluşturur. Bu ise suyun sabunla köpürmesini engeller. Suyun sertliği su saflaştırma fabrikalarında kireç-soda kullanılarak giderilir. Evlerde iyon değişim reçineleri ile çalışan cihazlarla su yumuşatılabilir. Suyu yumuşatırken oluşan çamur, az yukarıda anlatılan yöntemlerle uzaklaştırılır.

3) Suyu klorlamak: Suyu dezenfekte etmek için, suyun içinden klor gazı geçirilir ve suda 1 ppm klor bulunması sağlanır. Klor ancak berraklaştırılmış sularla dezenfektandır. Bulanık sularla bu etkisi kaybolur.

4) Suyu ozonlamak: Suları ozonla (O₃) dezenfekte etmenin klorla göre bazı üstünlükleri vardır: a) Ozon, virüsleri öldürmede daha etkilidir. b) Klordan farklı olarak sudaki N'lu organik maddelerce inaktif ve edilmez. c) Artık olarak yalnız O₂ bırakır. Son zamanlarda klorun sudaki organik artıklarla trihalometanlar oluşturduğu ve bunların sağlığa zararlı olduğu anlaşılmıştır. Fransa'da ve SSCB'de ozon çok kullanılmaktadır. Ozon klorla göre biraz daha pahalıdır; ayrıca klor gibi depo edilemez ve nakledilemez; ozon kullanıldığı yerde oluşturulur. Bunlara rağmen ozonun su temizlemede kullanılması yaygınlaşmaktadır.

Lağım Sularının, Su Arıtma Fabrikalarında Çok Temiz Hale Getirilebildikleri Bilinmektedir. Bu Arıtılmış Suların Bazı Yerlerde İçme ve Kullanma Suyu Olarak Kullanılabildiği İleri Sürülmektedir. Bu Doğru mu?

Genellikle tamamen arıtılmış lağım suları bile şehir şebekesine verilmemekte ve içilmemektedir. Bunun nedeni bütün arıtmalara rağmen bu suların içinde zararlı organik maddelerin ve mikropların kalabilmesidir. Bu bakımdan bu gibi arıtılmış sular önce bir akarsuya verilmekte ve güneş ışığı vb. ile doğal olarak da temizlemeleri sağlanmakta, sonra bu akarsu tekrar arıtılmaktadır. Dünyada arıtılmış lağım suyunun içildiği tek yer G. Batı Afrika'da Windhoek'dir. Bunun uzun vadeli zararlı etkileri bilinmiyor.

Bir İçme veya Musluk Suyunun Uzun Süre Depo Edilişi Bu Suyu Tehlikeli Kılar mı?

Bakteriler suda çok yavaş çoğalır; çünkü suda bakterilere gerekli maddelerin çoğu yoktur (bakteriler et, süt vb. gibi besinlerde hızla çoğalır). Buna rağmen su, özellikle sıcak havalarda ve özellikle eve gelmeden önce dışarda uzun süre bekletilmişse, bakteri sayısı artabilir. "Birkaç günlük taze su" demeden önce suyun dışarda ne kadar bekletildiğini bilmeniz gerekir.

Nükleer Santraller Suyu Kirletir mi?

Bütün nükleer santrallere kontrollü minik atom bombaları olarak bakılabilir. Bu santrallerde uranyum ve plütonyum maddeleri parçalanarak ısı oluşturur. Bu ısı suyu buharlaştırarak türbinleri, türbinler de elektrik jeneratörlerini çevirir. Nükleer santrali soğutucu sulara asla radyoaktif maddeler girmez. Bu nedenle nükleer santrallerin artık suları, yalnızca diğer elektrik santralleri gibi ısı kirlenmesine yol açar. Nükleer santraller kömür ve fuel oil (fosil yakıtlar) ile çalışanlara göre % 50 daha fazla su kullanır. İrmaktan aldığı suyu soğutma için kullandıktan sonra tekrar ırmağa geri verir. Buna karşı nükleer santrallerin en büyük sorunu, radyoaktif yakıt (uranyum vb.) artıklarının tehlikesizce nasıl uzaklaştırılacağıdır. Bugün için radyoaktif maddelerden kurtulmanın tek yolu onları betonla örterek toprağın altına derine gömmektir. Yüzlerce ve bazen binlerce yıl sonra bunların radyoaktivitesi sıfıra inecektir.

Bir nükleer santral asla bir atom bombası gibi patlayamaz. Çünkü nükleer santralde böyle bir patlama için yeterli uranyum yoktur. Nükleer santral kazası yalnızca atmosferi kirletebilir. Nükleer santrallerin kıyıya yakın bir ada üzerinde veya yüzer şekilde yapılması tavsiye edilmektedir.

Manyetohidrokinamik (MHD) yolla elektrik elde edilmesinde miktatsızlar arasına konulmuş jeneratör armatürünün yerini çok sıcak (2000-3000°C) iyonize bir gaz (plazma) alır. MHD'ler yakıt olarak kömür veya fuel oil kullanacaktır. MHD'ler, yüksek sıcaklık nedeniyle daha yüksek verimle çalışırlar. MHD'lerde soğutma suyu gereksizdir. Sıcaklık direkt olarak atmosfere verilir.

Yüzmek İçin Gölleri mi, Yüzme Havuzlarını mı Tercih Etmeli?

Göller biraz bulanık olsalar bile (genellikle yosunlardır) mikrop açısından yüzme havuzlarından daha tehlikesizdir (kanalizasyon ve fabrika artıkları katılmamış olmak şartı ile). Yüzme havuzlarında enfeksiyonları önlemek için suya çok fazla klor eklenmektedir; bu ise ishal ve göz yanmasına neden olur.

Kaynak Suyu Daima Temizdir Gibi Yayıncının Bir İnanış Var; Bu Doğru mudur?

Kaynak suyu, bir yeraltısuyunun yüzeye çıkmasıdır. Yüzeye yakın sulardan olduğu için, topraktan yeterince filtre olmamıştır ve bu nedenle yeterince temiz olmayabilir. Aslında derin yeraltıları (örneğin kuyular) yakınlarında kanalizasyon yoksa ve üstleri örtülü ise kaynak suyundan daha temizdir.

Bir Suyun Berrak Olması Onun Temiz ve İçilebilir Olduğunu Gösterir mi?

Tabii ki hayır. Bakteriler gözle görülmediğinden berrak bir suda da bulunabilirler. Ayrıca berrak bir

su, erimiş toksik maddeler içerebilir ve bunlar kokusuzsa farkedilemez. Bulanık ve kokulu bir su ise hemen daima kirlenmiş demektir ve içilmeye elverişli değildir.

Deterjanların Suları Kirletmesi Nasıl Olur ?

Çamaşır, bulaşık, döşeme, duvar vb. temizliğinde kullanılan maddeler sulara geçebilir. Örneğin yalnız ABD'de yılda 1 milyon ton deterjan kullanılmaktadır. Deterjanlar suda iki etki yapar: Göller ve ırmaklarda köpük oluşması ve fosfor miktarı artışı için sulara yosun ve su otlarının artışı. Bugün bakterilerce parçalanabilen köpük yapıcılar kullanıldığından köpük oluşması çok azalmıştır. Suları fosfattan arındırmak olası değildir; deterjan formülünün değiştirilmesi düşünülebilir.

LİKENLER HAVA KİRLİLİĞİNDEN ETKİLENİYOR

Liken, bir yosun ile bir mantarın ortak yaşarlık (sembioz) halinde bir arada bulunmasından oluşan bir bitkidir. Yosun, fotosentez yaparak mantara karbonlu bileşikler sağlar. Mantar ise likenin biçimini oluşturur ve yosuna ıslaklık verir.

Likenlerin, hava kirlenmesini önleyebilecek organları [gaz değişimi yapan delikler (stoma), geçirgenliği az bir cuticula örtüsü ve özsu taşıyıcı damarlar] yoktur; buna karşı büyük bir depolama gücü vardır. Likenin ilik (medulla) bölümünde hücrele-



Oto yolundan 8 m uzaklıktaki bir liken, kuru madde başına 960 µg Pb içerir. Diyaframda oto yolundan uzaklaştıkça likende Pb'nin azaldığı görülmüyor.

rarası boşluklar süngersi bir hal almıştır; burada mantarın lifleri (hifler) yapışkan ve asit bir ortamda yüzer. Bu yapışkan ortam hava kirlenici parçacıkları ve maddeleri depolamaya çok uygundur.

Likenlerle hava kirliliğini izlemede en etkili yöntem biyoendikasyondur ve bu, bir bölgede liken florasını gözlemekten ibarettir. Bazı liken türleri, bazı elemanları tercihan özümleyebilir ve böylece o elemanların göstergesi olur. Örneğin bir bölgede azot seven (nitrofil) likenlerin artması, havanın azotlu bileşiklerle kirlendiğinin belirtisidir. Azotlu bileşiklerle kirlenme, toprağın altına gaz veya sıvı şekilde kimyasal gübre püskürtülmesiyle ilgilidir.

Hava kirlenmesi, bir bölgedeki bazı tür likenlerin yok olmasına, daha dirençli diğer tür likenlerin ise artmasına yol açabilir. Likenlerde çeşitli elemanlar depolanabilir. Örneğin alüminyum, tuğta, cam, çelik ve gübre (fosfat) fabrikalarından çıkan uçucu flüorürler (Al, Si, Ca ve Na-Al flüorürleri, HF) ve nükleer bomba denemelerinden gelen cesium 137 ve

stronsyum 90, radyoaktif plutonyum (238, 239 ve 240 izotopları) ve ağır metaller (Fe, Zn, Cd, Mn, Cu, Pb ve) likenlerde birikebilir.

1924'den beri benzinlere patlama önleyici (antidetona) olarak Pb tetraet ve Pb tetrametil konulması, havaya otomobil başına yılda 1 kilo Pb karışmasına neden olmaktadır. Benzine katılan Pb'un 0,4 gr/l'yi geçmemesi gerekmektedir. Buna rağmen oto yollarının kenarında yılda 100-300 gr ve büyük şehirlerde günde 1 ton Pb havaya karışmaktadır. Likenlerde oto yollarına yakınlığı oranında daha fazla Pb bulunmaktadır.

Hava kirliliği, likenlerde fotosentezi % 50 kadar azaltmaktadır.

Kuzey'de ren geyikleri liken yediğinden, likenlerde toplanan zehirler ren geyik sütü ve eti ile insanlara geçmektedir. Bunlardan özellikle ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr ve Pb insanlar için zararlıdır.

Hava kirliliği yapan maddeler pancar, mısır, salata ve baklagillerde de bulunmuştur. □

MATEMATİK OLİMPİYATLARI

(Başarafa 52. sayfada)

Yani

$$q < qa < a^2 + qa < a^2 + qac + c^2 = q$$

ve $q < q$ bulunur, ki bu bir çelişkidir. O halde $b < qa$ olmalıdır.

Böylece $qa - a < b < qa$ dan $0 < r < a$ ve $r \in \mathbb{N}$ olmak üzere $b = qa - r$ elde ederiz. Bu değeri $a^2 + b^2 = qab + q$ da yerine yazarsak

$$a^2 + (qa - r)^2 = qa(qa - r) + q,$$

$$a^2 + q^2a^2 - 2qar + r^2 = q^2a^2 - qar + q$$

ve

$$a^2 + r^2 = q(ar + 1)$$

veya

$$\frac{a^2 + r^2}{ar + 1} = q$$

buluruz. Demek ki (a, b) ikilisi

$$\left[\frac{(a^2 + b^2)}{(ab + 1)} \right] = q$$

denklemini sağlıyorsa (r, a) ikilisi de

$$\left[\frac{(r^2 + a^2)}{(ar + 1)} \right] = q$$

denklemini sağlar. $0 < r < a < b$ olduğundan (r, a) ikilisinin birinci bileşeni (a, b) ikilisinin birinci bileşeninden daha küçüktür. Pozitif sayıların kesin azalan monoton bir sonsuz dizisi bulunmadığından, birinci bileşeni küçük olan ikilileri ancak $r = 0$ a kadar elde edebiliriz. $\left[\frac{a^2 + r^2}{(ar + 1)} \right] = q$ ve $r = 0$ dan $q = a^2$ bulunur. Dolayısıyla q bir tamsayının karesidir.

UYARI: Yukarıda sözü edilen (a, b) ikilileri gerçekten vardır. Örnek olarak $(2, 8)$ i gösterebiliriz.

GÜNÜMÜZDE BİLİM VE TEKNİK ELELE GİTMEKTEDİR. İLERİ ÜLKELERDE BİLİMSEL DÜŞÜNCEYE HEP BİR PRİM, BİR ARMAĞAN VARDIR. KENDİ KENDİMİZE SORMALIYIZ. GENÇLERİMİZİN YETENEKLERİNİ, UYGARLIĞIMIZI GELİŞTİRMEDE KULLANACAKLARI FIRSATLARI SAĞLAMAKTA MIYIZ?

Prof. Abdus SELAM