

AYLIK POPÜLER BİLİM DERGİSİ

BİLİM ve TEKNİK



YENİ UFUKLAR

A large, high-contrast image of a water drop splashing into a pool of water, creating concentric ripples. The drop is captured at the moment of impact, with a crown-like shape at the top. The water is a deep blue color.

SU

KASIM 2005 SAYISININ ÜCRETSİZ EKİDİR
HAZIRLAYANLAR : LTD Araştırma ve Yazı Grubu

Yüzyıllar boyu kutsal sayılmış, şiirlere, destanlara konu olmuş su. Medeniyetler geliştikçe uğruna savaşlar verilmiş, ülkelerin birbirleriyle ilişkilerinde önemli bir araç haline gelmiş. Yaşamın kaynağı olmuş hep, ama kimi zaman da felaket olup canlar almış. Eski toplumlar suyu rahatsız etmemek, öfkelenmemek gerektiğine inanmışlar. Ama bizler, neredeyse tam aksine sırtımızı dönmüşüz suya, ona kötü davranır olmuşuz... Yüzyıllar önce suya tapan bir topluluğa, su molekülünün en basit kimyasal moleküllerden biri olduğunu söylesek, olasılıkla bize anlamsız gözlerle bakarlar ya da işi biraz daha ileriye götürüp bizi “şeytanın elçisi” olmakla suçlardı. Ancak günümüz kimyacıları, bu durumun tam aksine, böylesine basit yapılı bir molekülün bu kadar eşsiz özellikler gösterişine büyük bir heyecanla bakıyorlar. Dahası, günümüzde artık suyun tüm bu eşsiz özelliklerinin gizemi çözülmüş durumda. Doğal koşullar altında gaz halinde bulunan iki element olan hidrojen ve oksijenden meydana gelen su molekülü,

hidrojen atomlarının küçüklüğünden ötürü neredeyse oksijen atomunun çapına çok yakın büyüklükte ve atomik kütlesi de 18 g/mol. Ortada konumlanmış bir oksijen atomuna bağlı iki hidrojen atomundan oluşan su molekülünün geometrik şekli, kolları arasında 104,5°'lik açı bulunan bir “V” harfine benziyor. Oksijen atomuna ait bağ yapmamış olan 2 elektron çiftinin komşu su moleküllerindeki hidrojen atomlarıyla kısmi bir pozitiflik-negatiflik ilişkisi kurması ve bu atomları kendine çekmesi nedeniyle oluşan “hidrojen bağları”, her su molekülünün 4 su molekülüyle daha bağ yapmasına izin veriyor. Bu bağlar, suyun olağandışı kimyasal özelliklerinden sorumlu olan esas yapılar. Hidrojen bağlarının güçlü çekim kuvveti nedeniyle, su, kendisine eşdeğer boyuttaki moleküllerin hepsinden daha geniş bir sıcaklık aralığında sıvı halde kalabiliyor. Normal koşul olarak kabul

su

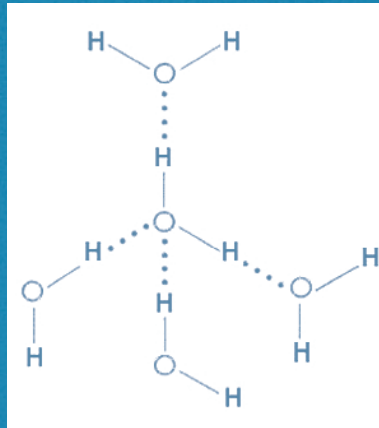
edilen 25°C’de sıvı halde bulunan suyun donma noktası 0°C ve kaynama noktası da 100°C. Ancak su, buharlaşmak için her zaman 100°C’de kaynamayı da beklemiyor. Moleküler yapısı nedeniyle her sıcaklıkta buharlaşabilen su, dünya üzerinde her üç

“AZİZ”?

halinde de gözlenebiliyor (yoksa kutup bölgelerindeki atmosferde hiç su buharı bulunamazdı).

Karbondioksit, argon, ozon, helyum gibi diğer bazı gazlarla birlikte atmosferimizin %1’lik bölümünü oluşturan su buharı, Dünya’nın farklı bölgelerinde, iklim koşullarına bağlı olarak farklı oranlarda bulunuyor. Deniz seviyesinden yükseğe çıktıkça oransal olarak azalma gösteren atmosferik su buharının %99’u atmosferimizin en alt tabakası olan troposferde bulunuyor. Atmosferdeki su buharının en önemli rolüyse, özellikle kızılötesi dalga boyundaki güneş ışınlarının %70’ini soğurması. Dünyamızın kabuğunun yaklaşık 3/4’ünü kaplayan suyun %2’lik bölümü,

kutuplarda donmuş halde bulunuyor. Olağandışı moleküler özelliği nedeniyle katı halinin sıvı halinden daha hafif olması, kutuplardaki buz tabakalarının altında canlılığın devam edebilmesine olanak veriyor. Su, yalnızca canlılığa ev sahipliği yapmıyor; aynı zamanda canlılığın temel kaynağı. Farklı tipteki hücre ve dokularda farklı oranlarda bulunabilen su, genel olarak insan vücudunun %65-75’ini oluşturuyor. Bunun nedeni, suyun iyi bir çözücü ve iletici olması, enzimlerin işleyişi için son derece uygun koşullar sağlaması ve dolayısıyla da kimyasal tepkimeler için en elverişli ortam özelliğini taşıması. Yaşama ortamlarına göre, farklı canlıların vücutlarında bulunan su oranları da farklılık gösteriyor. Örneğin,



mantarların vücudundaki su oranı %98’ken, domates ve denizanasında bu oran %95, kaktüste %80-90, muz bitkisinin meyvesindeyse yaklaşık %75. Kural olarak daha sıcak ve daha kurak bölgelerde yaşayan canlıların vücutlarındaki toplam su oranı da daha düşük oluyor. Canlılar, vücutlarında bu denli yüksek oranda su içermeleri nedeniyle, su kaybına karşı son derece duyarlılar. Kurak iklimlerde yaşayan canlılar, su kaybını önlemek amacıyla çeşitli uyumlar geliştirmiş olmalarının yanında, su kaybına da normalden biraz daha fazla dayanıklıdır. Örneğin, bizler vücudumuzdaki suyun yaklaşık %12’sini kaybettiğimiz zaman yaşamsal tehlike çanları çalmaya başlamasına karşın, çöl hayvanları olarak bilinen develer, %40’a varan oranlarda su kaybına karşı dayanıklılık gösterebiliyorlar. Suyun canlılar için bir diğer önemi de vücut ısını düzenlemede oynadığı rol. Yapısındaki hidrojen bağlarının kırılabilmesi için ısıya gereksinim duyan su molekülü, “terleme” yoluyla buharlaşırken, canlıları da böylece “serinletmiş” oluyor.

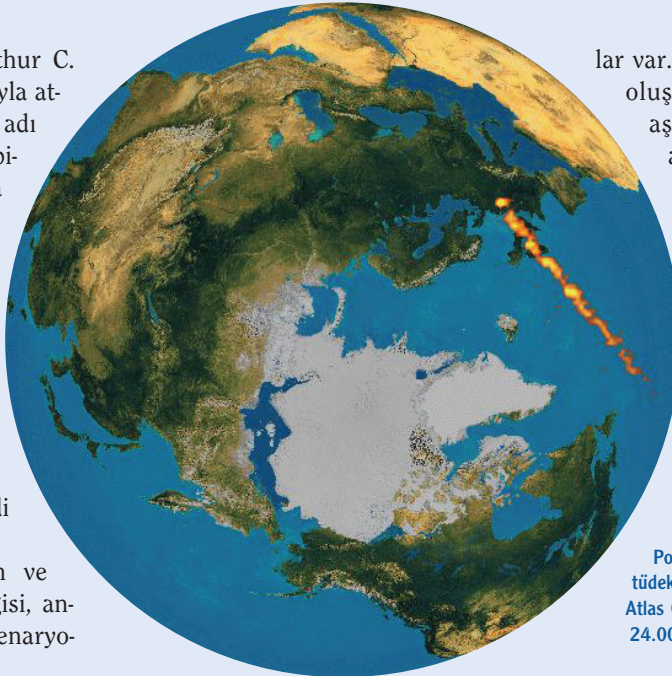
Deniz Candaş



NEREDEN GELDİ BU KADAR SU?

Ünlü bilimkurgu yazarı Arthur C. Clarke, gökyüzüne imzasını suyla atmış mavi gezegeni, “Okyanus” adı dururken, İngilizce’de geçtiği biçimiyle “Earth” (toprak) adıyla betimlemenin son derece uygunsuz olduğunu savunmuş. Bizim fazlaca kanıksamış olduğumuz bu mavi rengin, gezegenimizi uzaktan görece bir uzaylı için, yine bizim için çok kanıksanmış ama çok da çarpıcı bir anlam taşıyacağı kesin: “Bir su gezegeni!” Peki, ama nereden geldi bu kadar su?

Yanıtın, Dünya’nın oluşum ve değişim süreciyle yakından ilgisi, ancak bu süreçle ilgili de farklı senaryo-

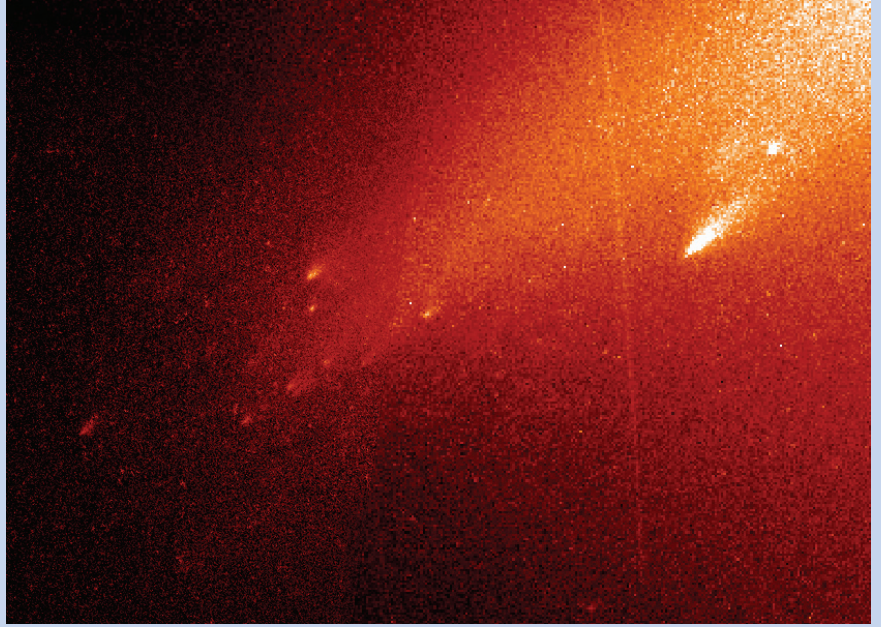


lar var. Yaklaşık 4,6 milyar yıl önce oluşan Dünya, “gezegenimsi” aşamasından “gezegen”liğe adım attığı sıralarda atmosferden yoksundu. Çevresinde kalan gaz (hidrojen, helyum ve hidrojen içeren başka gazlar) ve toz zaman içinde güneş rüzgarıyla gezegenden uza-

Dünya’nın sürekli olarak, yaklaşık bir ev büyüklüğünde kuyruklu yıldız benzeri cisimlerin bombardımanı altında olduğu yolundaki tartışmalı görüş, son uydur gözlemleri ışığı altında ağırlık kazanmaya başlamış durumda.

Polar uydusu tarafından alınan bu görüntüdeki “kozmetik kartopu” ise, Eylül 1996’da Atlas Okyanusu ve batı Avrupa’nın 8.000 - 24.000 km yukarısında buharlaşmıştı.

ğa savrulmuş, ve yediği göktaşı darbe-
leriyle delik deşik hale gelmiş yüze-
yiyle olasılıkla Ay'ın şimdiki yüzeyin-
den pek de farksız değildi. Ancak za-
man içinde, üç temel sürecin etkisiyle
yeniden ısınmaya başladı: içerdiği ele-
mentlerde işlemeye başlayan radyoak-
tif bozunma süreci, kütleçekimsel sı-
kışma ve göktaşı çarpmaları. Süresi
tartışmalı olmakla birlikte, olasılıkla
ilk birkaç yüz milyon yıllık ömrünün
sonlarına doğru Dünya'nın iç ısı öy-
le artmıştı ki, daha dış kısımlarda ol-
dukça bol olarak bulunan demir eri-
meye ve merkeze doğru çökmeye, da-
ha hafif maddeyi (silikon, magnez-
yum, alüminyum, oksijen-bağlı bile-
şikler gibi) de yüzeye itmeye başladı.
Bu hareketlilikle ısınma hızı daha da
artan Dünya'nın büyük bir bölümü
'sıvılaşarak' ergimiş kayalara; yakla-
şık 100 kilometre derinlikte bir mag-
ma okyanusuna dönüşmüştü. Ergimiş
demirden bir merkezin oluşumuysa,
gezegendeki farklılaşmanın ilk aşama-
sıydı. Bu farklılaşma süreciyle Dünya,
her yerinde hemen hemen aynı kimya-
sal malzemeyi barındırdığı homojen
bir yapıdan, katmanlı bir yapıya geçiş
yapmış olacaktı: yoğunlaşmış ve katı
demirden bir merkez, daha hafif ve
daha düşük erime sıcaklıklı element-



Hubble Uzay Teleskobu tarafından alınan 5 Ağustos 2000 tarihli bu görüntü, LINEAR kuyrukluysıldızını parçalandıktan sonra gösteriyor.

leri barındıran bir kabuk ve arada da,
ergimiş kayalarla sıvımsı bir man-
to.

Bu ısınma ve farklılaşma sürecinin
yan ürünlerinden biri, atmosfer. Su
buharı, hidrojen gazı, hidrojen klorid,
karbon monoksit, karbon dioksit ve
nitrojen, Dünya'nın sıcak ve kimyasal
olarak hareketli iç kısmından yükse-

len gazların oluşturduğu ilk atmosf-
erin başlıca içeriği (oksijenin gaz ola-
rak katılımı çok daha sonra). Okya-
nuslar, sürecin ikinci yanürünü. Dün-
ya ısınıp erimeye başladıkça, mineral-
ler içinde oksijen ve hidrojen biçimin-
de hapsolmuş olan su, volkanik etkin-
likler sonucu çeşitli gazlarla birlikte
yüzeye taşınıp onlarla karışarak at-
mosferin daha serin üst tabakalarında
yoğunlaşıp bulutları oluşturdu. An-
cak aşırı sıcak yüzeye daha ulaşama-
dan yeniden buharlaşan yağmurların
yüzey sularını, sonuçta da okyanusla-
rı oluşturmaları için, sıcaklığın yavaş
yavaş düşmesi gerekcekti.

Kaynak, Kuyrukluysıldızlar mı?

Kısa denebilecek bir süre öncesin-
den beri, yukarıdaki senaryoya yeni
sahneler de ekleniyor. Bu sahneler-
den bir tanesi, yukarıdaki senaryoyu
tümüyle dışlamamakla birlikte, olduk-
ça çarpıcı bir iddia içeriyor: Gezegeni-
miz atmosferine giren (ve tabii girmiş
olan) kuyrukluysıldızların da önemli
su kaynaklarından biri olduğu.
1980'lerde iddiayı ilk ortaya atanlar-
dan biri olan Louis Frank (Iowa Üni-
versitesi, ABD) başlangıçta ciddiye
alınmamış olsa da, 1997'de NASA'nın
ortaya attığı uydu verileri, bu görüşü
destekler nitelikteydi. Veriler, atmos-



ferin üst kısımlarında o zamana kadar geçerli olan kuramların öngördüğünden çok daha fazla su olduğunu ortaya koymuştu. Bunun akla en uygun açıklamasıysa atmosfere sürekli giren buz yüklü kuyruklu yıldızlardan kaynaklanan su buharı olabilir. Tabii, buna karşı görüşler de ortaya çıktı. Karşıtların savundukları da, Dünya’da bulunan suyun bileşiminin, kuyruklu yıldızlarda bulunan suyunkinden farklı olabileceği, birçok kuyruklu yıldızın içerdiği suyun, hidrojenin daha ağır bir izotopunu (döteryum) barındıran “ağır su”dan oluşmasıydı; ki, bu da okyanuslarda bulunan döteryum oranlarıyla tutarlı değildi. Ancak, bu karşıt görüşlerin dayandığı örnek sayısının fazla olduğu da söylemez.

Şurası kesin ki, eğer savlar gerçekten de doğruysa, sonuçlar Dünya’nın atmosferi ve okyanuslarının kökeni hakkında bildiklerimizi yeniden sorgulamamıza yol açacak, hatta açmış durumda.

Yeni sahnelerin katılımıyla ortaya çıkmakta olan yeni senaryolardan biri, Dünya’nın başlangıçta belki de hiç su içermediği ve belki de suyunun tümünü kuyruklu yıldızlar ve sulu göktaşlarından almış olabileceği savına dayanıyor. Bu kuyruklu yıldızların kaynağınnsa Neptün yakınlarındaki Kuiper Kuşağı ve Oort Bulutu olduğu düşünülüyor. Oort Bulutu, Güneş Sistemi’nin soğuk, uzak bölgelerini çevreleyen ve Güneş’ten trilyonlarca kilometre uzaklıktaki bir kuyruklu yıldız ‘kovanı’. Güneş Sistemi’nin oluşumuyla ilgili kuramlara göre bu kuyruklu yıldızlar da, Güneş ve gezegenlerin içinde olduğu gaz ve toz bulutundan ortaya çıkmışlar, daha sonra Jüpiter ve Neptün gibi dev gaz gezegenlerinin bugün bulunduğu soğuk bölgelerde toplaşmışlardı. Ancak gaz devlerinin kütleçekim etkisi bunları Güneş Sistemi’nin dışına; kimini Oort Bulutu’na, kimini de yıldızlararası boşluğa fırlatmıştı. Oort Bulutu, sözgelimi geçmekte olan bir yıldızın kütleçekim etkisi gibi etkilerle hareketlenerek, bazı kuyruklu yıldızlarını yeniden Güneş Sistemi’nin iç kısımlarına doğru püstürtüyordu. Yeni senaryonun yandaşı gökbilimciler, yaklaşık 4 milyar yıl önce, Dünya’nın henüz çok genç olduğu bir dönemde gerçekleş-



Suyun Tarihi Yeniden Yazılabilir!

Yeni yeni birikmekte olan bazı jeolojik veriler Dünya’da suyun, buna göre de yaşam için gerekli koşulların sanılandan çok daha önce varolmuş olabileceğine işaret ediyor. Biliminsanları, bilinen en eski kaya parçasının kimyasal bileşiminden yola çıkarak Dünya için yeni bir portre ortaya çıkarmaya başladılar. 4,4 milyar yaşındaki örneğin çizdiği tabloda, gençlik yıllarındaki Dünya bir magma okyanusundan çok, sular, karalar, hatta yaşama olanak verebilecek koşullarla betimleniyor. ABD Ulusal Bilim vakfı NSF tarafından desteklenen projenin ekibinden Margaret Leinen, sonuçlarını “gezegenimizde sıvının varlık gösterdiği en eski tarihlere ilişkin güçlü bir kanıt” olarak betimliyor. “Eğer su, Dünya’nın evrim sürecinde bu kadar erken bir zamanda var olduysa, ilkel yaşamın da bu zamanlarda ortaya çıkmış olması olanaksız değil.”

Magmanın soğuyarak granite dönüştüğü süreçte oluşan zirkon, kayaların jeolojik yaşlarını belirlemede kullanılan bir mineral. Araştırmacılar Avustralya’nın batısındaki kayalardan elde ettikleri minicik bir zirkon tanecığı üzerinde analizler yaparak, bundan yaklaşık 4,4 milyar yıl önce Dünya’nın sıcaklığının 100 °C’ler mertebesine kadar düşmüş olduğunu bulmuşlar. Bu, aslında

gezegenin magma okyanuslarıyla kaplı olmuş olması gereken bir zaman. Sonucun akla ilk getirdiği şeyse, Dünya’nın sanılandan çok daha hızlı soğumuş, suyla sanılandan çok daha erken kaplanmış olabileceği.

Science dergisinde geçtiğimiz Mayıs ayında yayımlanan ve NASA tarafından desteklenen bir başka araştırma da benzer sonuçlar vermiş durumda. Bu araştırmanın yıldızları da yine 4,4 milyar yıllık zirkon kristalleri. Zirkon kristallerinin incelenmesi, bunlarda ancak kilden kaynaklanmış olabilecek bir oksijen izotopunun varlığını belirlemiş. Ve kil de ancak yüzeydeki suda oluşabileceği için, araştırmacılar o sıralarda okyanusların da varolduğu sonucuna ulaşmışlar. Ekip, zirkon içindeki titanyum oranını ölçebilen bir de ilginç ‘termometre’ geliştirmiş. Buna göre, titanyum düzeyleri ne kadar yüksekse, zirkonlar kristalleştiği sıradaki magma sıcaklığı da o kadar yüksek demek oluyor. Araştırmada kullanılan zirkonların içerdiği titanyum, bunların gerçekten de daha önce sanılandan çok daha düşük sıcaklıklarda oluştuğunu göstermiş. Araştırmacılar, zirkonların bu kadar ‘düşük’ sıcaklıkta ortaya çıkmış olmaları için tek koşulun, soğumaktaki magmanın suya doymuş olması olduğunu söylüyorlar.

Gerçekten de öyleyse, oldukça çarpıcı bir durumla; Dünya’nın en eski geçmişinin yeni bir yorumuyla karşılaşıyoruz.

miş ve Ay’ın çukurlu yüzeyine büyük katkısı olduğu düşünülen bir ‘yıldız bombardımanına’ dikkat çekiyorlar. Aslında, bombardımanda Dünya Ay’dan çok daha fazla vuruş almış ve Ay, çarpışmalarla kazandığı buz uza-ya teslim ederken, Dünya, sahip olduğu daha büyük kritik kütleyle, bu suyun (buzun) büyük bölümünü elinde tutabilmişti. Spekülasyonlar, bu kuyruklu yıldızların gaz gezegenleri Nep-

tün, Satürn ve Jüpiter çevresinde ‘olgunlaşmış’ oldukları ve bu bölgelerde soygazlardan 6’sıyla (helyum, neon, argon, kripton, ksenon ve radon) zenginleşerek suyun bildiğimiz farklı türlerini oluşturdukları yönünde.

NASA’nın gözlediği ve 2000 yılının Temmuzunda Güneş’e yaklaşırken parçalanan “LINEAR” kuyruklu yıldızı, kuyruklu yıldız kuramının yandaşlarına büyük destek sunan bulgu-

lar taşıyan ilk örnek oldu; çünkü Dünya'daki suyla aynı izotopik bileşime sahip olduğu gösterilen ilk kuyruklu yıldız da oydu. Taşıdığı su miktarı 3,6 milyon ton olarak hesaplanan, yaklaşık 1 kilometre çapındaki LINEAR, kendi türünden kuyruklu yıldızların taşıyabileceği su miktarını göstermesi bakımından da bir ilkti. İlginç kimyası, onun gerçekten de Jüpiter'in yörüngesine yakın bir yerlerde ortaya çıktığını ve son şutu atanın da Oort Bulutu olduğunu gösteriyordu.

Okyanuslarımızı borçlu olduğumuz etkenlerle ilgili yeni senaryo henüz yazılmış olmasa da, kuyruklu yıldızların olası etkileriyle ilgili son bulgular, çalışmalara ivme kazandırmış durumda. Kimi biliminsanları kuyruklu yıldızların yalnızca katkıda bulunmuş olabileceğinden söz ederken, kimileri sularımızı tümüyle onlara borçlu bile olabileceğimizi söylemekten çekinmiyor. Yanıt, herhalde gelecek yeni gözlem ve bulgularda. Avrupa Uzay Ajansı ESA'nın Şubat 2004'te fırlatılan kuyruklu yıldız avcısı Rosetta'nın iniş aracında bulunan Ptolemy, bu amaçla inşa edilmiş bir mini-laboratuvar. Ama bildiğimiz birşey var ki, nereden gelmiş olursa olsun, suyu elimizde tutabilme ayrıcalığımız, Güneş'e olan mesafemizin uygunluğundan kaynaklanıyor. Dünya'nın, biraz daha yakın olsa buharlaşmayla, biraz daha uzak olsa donma yoluyla yitirmiş olacağı su, Güneşle aramızdaki 150 milyon kilometrelik mucizevi mesafe sayesinde, gezegenimizde gürül gürül akıyor.

Zeynep Tozar

Kaynaklar

de Grasse Tyson, N. "Water, Water: Did Cometary Impacts Deliver Earth's Entire Oceanic Supply? - Water in Outer Space" Natural History, Mayıs 1998

Middleton, C. "The Origin of Water" http://www.finewaters.com/Newsletter/September_2005/The-Origin_of_Water.asp

van der Pluijm, B. A. "Earth's Early Years: Differentiation, Water and Early Atmosphere" http://www.globalchange.umich.edu/globalchange1/current/lectures/first_billion_years/first_billion_years.html

"A Dying Comet's Kin May Have Nourished Life on Earth" NASA Goddard Uzay Uçuş Merkezi Basın Bülteni, 21 Mayıs 2001 (<http://www.gsfc.nasa.gov/gsfsc/spacesci/origins/linearwater/linearwater.htm>)

"Did Comets Flood Earth's Oceans?" ESA Basın Bülteni, 18 Haziran 2004

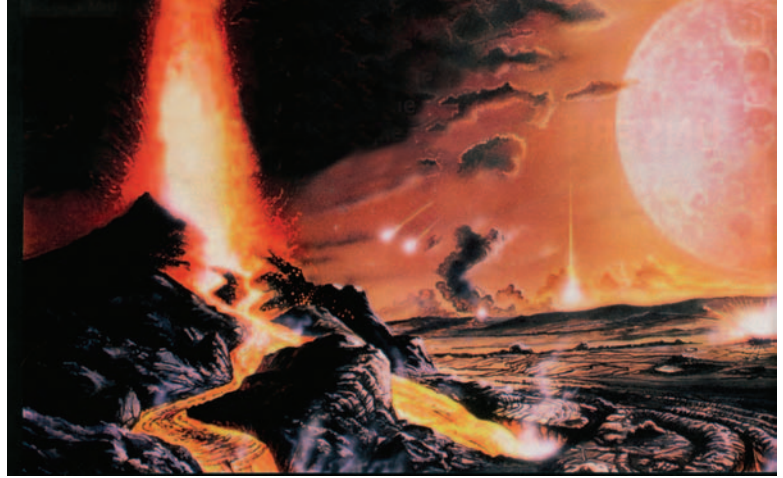
(<http://www.spacedaily.com/news/early-earth-04j.html>)

http://www.oceansonline.com/ocean_form.htm "How the Oceans Formed"

"NASA Scientists Confirm Liquid Water on Early Earth" <http://www.spacedaily.com/news/early-earth-05e.html>

"Earlier Water on Earth? Oldest Rock Suggests Hospitable Young Planet" <http://www.sciencedaily.com/releases/2001/01/010111073459.htm>

Geleneksel Geçmiş Tablosu



4,5 Milyar Yıl Önce

Dünya'nın atmosferi bugünkü Venüs gezegeni kadar yoğun. Atmosferdeki yoğun toz bulutları, çarpan göktaşlarının izleriydi. Yalnızca 100.000 km uzaklıktaki Ay, ufukta görünüyordu. Ortada gelgit yüzünden kabarıp alçalacak denizler olmasa da, yerkabuğunun ince bölgelerinde magma tabakası çekim gücünden etkileniyordu. Koşullar, en basit yaşam formlarının bile ortaya çıkmasına izin vermiyordu.

4,4 Milyar Yıl Önce

Yeryüzünü oluşturan kuvvetlerin kavgası henüz sona ermemişti. Oluşan yer şekilleri bir süre sonra kayboluyor, değişiyordu. Dünya'ya çarpan göktaşları derin izler bırakıyor çevresini biçimlendiriyordu. Volkanik etkinlikler de genç gezegeni lavlarla kaplıyor ve yeni yer şekilleri oluşturmuyordu.



4,2 Milyar Yıl Önce

Dünya'nın cehennemi sıcaklık dönemini daha serin bir dönem izledi. Atmosfer yavaş yavaş soğumaya başlamıştı. Bu dönemde atmosferde biriken su buharı yoğunlaşmaya başladı ve sürekli yağmurların yağdığı bir dönem geldi. Ne var ki Dünya hâlâ çok sıcaktı ve yağın yağmur hemen buharlaşıyordu. Yine de yağmur yağmaya devam etti ve yeryüzü soğumaya başladı. Su büyük çukurlarda birikmeye başladı ve yavaş yavaş denizlerle okyanuslar oluştu. Bu su, yaşamın kaynağı olacaktı. Kimse ilk canlıların ne zaman ne şekilde ortaya çıktığını kesin olarak bilmiyor. Ne var ki bu geniş su kitlesi olmasaydı yaşamın başlamayacağı da bir gerçek.



DÜNYA'NIN VE TÜRKİYE'NİN GENEL SU BÜTÇELERİ

Yeryüzünün büyük bölümü, yaklaşık %70'i suyla kaplı. Yerküredeki toplam 1,4 milyar km³ suyun %2,5'ini tatlısu oluşturuyor. Bunun 24,4 milyon km³'ü, yani yaklaşık üçte ikisi buzullarda bulunduğundan, karada ve tatlısularda yaşayan canlılar için bu suyun yalnızca %1 kadarı kullanılabilir durumda.

Yeraltı suları ve topraktaki nem 10,7 km³ su barındırıyor. Tatlısu gölleri ve bataklıklar 0,1 milyon km³, tatlısuyun en iyi bilinen formu olan ırmaklardaysa toplam 0,002 milyon km³ yani toplam tatlısuyun 0,01'inden azı bulunuyor.

Tatlısuyun ana kaynağını, okyanus yüzeyindeki buharlaşmalar oluşturuyor. Her yıl ortalama 505 km³ su okyanuslardan buharlaşıyor. Bunun yanında, yılda 72.000 km³ su da kara yüzeylerinden buharlaşıyor. Buharlaşan suyun %80'i yağış olarak okyanuslara dönüyor. Kalan %20 yani 119.000 km³ su karalara yağış olarak düşüyor. Bunun da 47.000 km³'ü yeraltına iniyor.

Buzullarda bulunan tatlısuyu saymazsak, kalan suyun %20'si insanların ulaşamayacakları yerlerde bulunuyor.

Kalan %80'in çok büyük çoğunluğu insanların kullanımına uygun değil. Yağışlar, seller ve akarsulardaki su, çoğu zaman insanların değerlendiremeyeceği durumda bulunuyor. Geriye kalan tatlısu yani toplam tatlısuyun %0,08'i insanlar tarafından kullanılıyor.

Yeryüzündeki su döngüsü, kapalı bir sistem. Bu nedenle, bu oranlar kısa dönemde yıldan yıla çok büyük değişim göstermiyor. Ancak, yeryüzü bölgesel olarak ele alındığında, o yılki iklim durumuna bağlı olarak o bölgenin su bütçesi farklılık gösterebiliyor. Bu nedenle su bütçesi her ülke ve bölge için çıkartılıyor ve su kaynaklarının planlaması buna göre yapılıyor.

Türkiye'nin Genel Su Bütçesi

Ülkemizin tatlısuyunun büyük bölümünün kaynağını yağışlar oluşturuyor. Ülkemize bir yılda düşen ortalama yağış 501 km³. Bunun yanında, komşu ülkelerden ırmaklarla gelen su miktarı yaklaşık 7 km³. Yıllık ortalama yağışın yarısından fazlası, yani 274 km³'ü bu-

harlaşmayla atmosfere karışıyor. Geriye kalan suyun 158 km³'ü yüzey akışına, 69 km³'ü yeraltı suyuna dönüşüyor. Yeraltı suyu, kaynaklarla kısmen yüzeye çıkarak yüzey akışıyla birleşiyor. Komşu ülkelere gelen akımla da birleşince, toplam yüzey akışı 193 km³ oluyor.

Yüzey akışının yaklaşık 8 km³'ü (%4) buharlaşıyor. Kalan 121 km³'ü (%64) denizlere deşarj oluyor, 75 km³'ü ise (%33) komşu ülkelere akıyor. Yeraltı suyunun 11 km³'ü (%16) komşu ülkelere akıyor, 30 km³'ü (%44) denizlere boşalıyor.

Ülkemizdeki tüketilebilir su kaynaklarına bakacak olursak: 193 km³'lük toplam yüzey akışının 98 km³'ü (%49), 69 km³'lük yeraltı suyunun da 12 km³'ü (%17) tüketilebilir durumda bulunuyor.

Alp Akoğlu

Kaynaklar:
DPT Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Su Havzaları, Kullanımı ve Yönetimi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara 2001
Hildebrand, P. H., Toward an Improved Understanding of the Global Fresh Water Budget, Symposium on Living with a Limited Water Supply 85th Annual Meeting, January 2005, San Diego
Jackson, R.B., et al., Water in a Changing World, Issues in Ecology, Spring 2001
http://www.ec.gc.ca/water/en/info/facts/e_quantity.htm

TÜRKİYE'NİN SU ZENGİNİ BÖLGESİ DOĞU ANADOLU

Doğu Anadolu Bölgesi sosyoekonomik açıdan ülkemizin en az gelişmiş bölgelerinden biri. Bölge ekonomisi, ülkenin diğer bölgelerine göre daha geri kalmış. Son on yıllık gelişme hızı da Türkiye ortalamasının altında. Yani diğer bölgelerimizle kıyasladığımızda kolaylıkla farkedilebilecek bir gelişmişlik farkı söz konusu. Bunun temel nedeni ise ekonomisinin sektörel yapısı ve değişik sektörlerdeki verimlilik farklılıkları olarak açıklanıyor. İşte bu farkın azaltılması, böylece ulusal bütünlüğün ve kentsel alanlara yönelik aşırı ve plansız göçün kontrol altına alınması amacıyla, “Doğu Anadolu Projesi - DAP” adıyla bir bölgesel kalkınma projesi, 1998’de başlatıldı. Proje bölgesel kalkınmayı hedefleyen entegre bir anlayışla ele alınıyor. Henüz planlanma aşamasında olan DAP’ta proje alanı; Ağrı, Bayburt, Gümüşhane, Bingöl, Bitlis, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Hakkari, Kars, Ardahan, Iğdır, Malatya, Muş, Tunceli ve Van’dan oluşan 16 ili kapsıyor.

DAP, Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) benzeri bir proje. Ancak GAP ile kıyaslandığında bazı farklılıkları var. Örneğin, GAP kamu ağırlıklı bir projeyken DAP’ta kamunun oluşturacağı alt yapıya özel sektörün getireceği olanaklarla Doğu Anadolu Bölgesi’nin kalkındırılması hedefleniyor. Atatürk, Fırat, İnönü, Kafkas ve Yüzüncü Yıl Üniversitelerinden onlarca öğretim üyesi ve uzman, projenin yaşama geçirilmesi için çalışmalarda bulunuyor.

Doğu Anadolu Projesi Ana Planının temel hedefi, bölgenin kendi potansiyellerini harekete geçirecek ortamın yaratılmasını sağlamak. Bunun için, ekonomik,



sosyal, çevresel ve mekansal olmak üzere dört hedef grubu belirlenmiş. Su kaynaklarının durumunun saptanıp sorunlarının giderilmesi, çevresel hedeflerin amaçları arasında yer almakta.

Türkiye’nin önemli akarsularından olan Fırat, Dicle, Aras ve Çoruh nehirlerinin kaynağını bu bölge oluşturduğundan, Doğu Anadolu bölgesi su kaynağı bakımından ülkemizin en zengin bölgesi; ülkenin yıllık su potansiyelinin 1/3’ü burada. Ancak su kaynaklarının geliştirilmesi, işletimi, sulama yöntemi seçimi ve sulamayla ilgili çiftçi eğitimi konularında Türkiye’de olduğu gibi bölgede de sorunlar mevcut. Örneğin, su kaynakları yönetimindeki sorunlar nedeniyle, sulu tarım arazileri boş bırakılmakta; düşük sulama randımanı ve uygun olmayan bitki desendinden dolayı, su yetersizliği ve yüksek işletme masrafları ortaya çıkmakta. Bitki sulama planlamasının, yani suyun ne zaman ve ne miktarda verileceği ve uygun sulama yönteminin su kalitesi, toprak özellikleri ve bitki cinsine göre saptanması konusunun çiftçilerce yeterince bilinmemesi nedeniyle, bitkisel üretimde kalite ve verim düşmekte, ayrıca suyun verimli kullanımı da mümkün olmamakta.

Çiftçi eğitimi yetersiz olduğundan, sudan yeterince ve doğru yararlanılamamakta. Bu da, büyük emek, zaman ve harcamayla oluşan sulama tesislerinin kısa sürede elden çıkmasına neden olmaktadır.

Bölgede toprak ve su kaynaklarına ilişkin sorunlardan bir diğeri de su erozyonu sorunu. Türkiye genelinde var olan su erozyonunun yaklaşık yüzde 2’si DAP kapsamındaki illerde bulunmakta.

Su erozyonu, diğer erozyon çeşitleri içerisinde en yaygın ve en etkilisi. Eğimli arazilerde, bitki örtüsünün zayıfladığı ya da tamamen yok olduğu bölgelerde; yağmur damlaları darbe etkisiyle bir kısım toprak parçasını yerinden kopararak parçalamakta ve böylelikle yüzeysel akışa geçen yağmur suları, parçaladığı toprak parçalarını sürükleyerek aşağılara taşımakta. Yüzeysel akış halindeki sular aşağılara indikçe, diğer yüzeysel akış sularıyla birleşerek güçlenmekte ve giderek taşıma gücü artmakta. Bu da, akış sularının beraberinde taşıdığı toprak ve iri materyal miktarının çoğalarak, taşkın şeklinde akan ve büyük zararlara yol açan seller ortaya çıkarmakta. Su erozyonu büyük derelerin ve yarıkların oluşumuna da yol açmakta. Yine taban sularının yeteri kadar beslenememesi kuraklığının beraberinde getirmekte. Besin maddeleri yönünden çok zengin olan yüzey toprağı su erozyonu sonucu kaybolmakta, toprak fakirleştirmekte ve toprağın verimini geri döndürmeyecek biçimde düşmekte. DAP’yle bu soruna çözüm getirecek çalışmalar da planlanıyor.

Gülğün Akbaba

<http://ekutup.dpt.gov.tr/bolgesel/dap/>





SUYUMUZ BİTERSE?

Dünyada yaklaşık 1,4 milyar kişi yeterli içme suyundan, 2,3 milyar kişiye sağlıklı sudan yoksun. Her yıl ortalama 7 milyon kişi suyla ilgili hastalıklar yüzünden yaşamını kaybediyor. Dünyanın 1/3'ü önemli boyutlarda su sıkıntısı çekerken bu oranın birkaç on yıl içinde daha da artacağı öngörülüyor. Su, yaşamın devamı için olmazsa olmazlardan! Ne var ki, sağlıklı biçimde kullanılabilir su miktarı her geçen gün azalıyor.

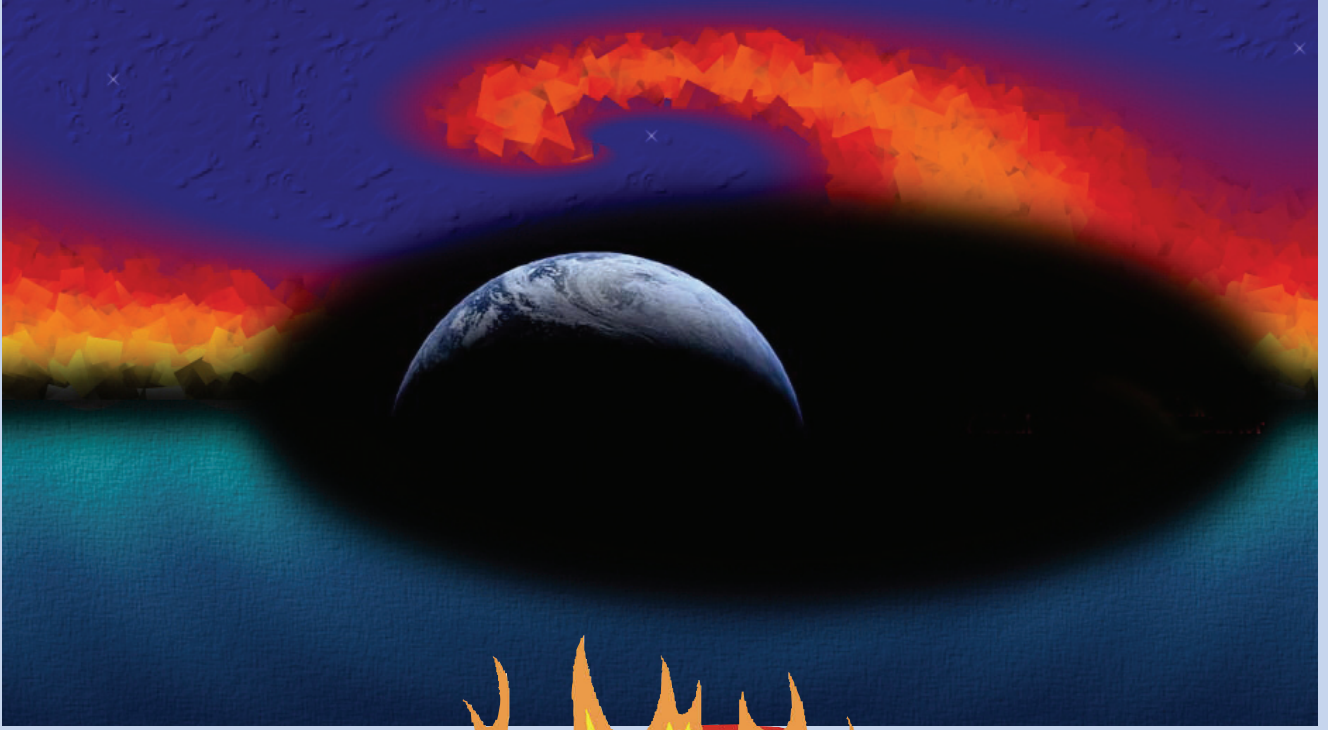
Dünyanın yaşı belli; 4,5 milyar! Henüz ergenlik döneminde sayılabilir. Biliminsanları dünyanın sonuna daha 7,5 milyar yıl olduğunu söylüyorlar. Washington Üniversitesi'nden astrofizikçi Donald Brownlee ve paleonto-

log Peter Ward'ın yaptığı çalışmada Dünya'nın ortaya çıkışından bu yana geçen her bir milyar yıl, kozmik zamanda bir saate karşılık kabul edilmiş. Buna göre, şu anda 4,5 olan saat 12'ye geldiğinde, yani 7,5 yıl sonra, giderek genişlemekte olan Güneş Dünya'yı yutacak. Ancak, canlıların Dünya üzerindeki ömürleri o kadar uzun olmayacak. Araştırmaya göre yalnızca yarım saatlik ömrümüz kaldı; saat 5'i gösterdiğinde hayvan ve bitkiler yeryüzündeki yaşamlarına veda edecekler. Saat 8'i vurduğundaysa, okyanuslar buharlaşacak. Bu senaryoda insanın etkin bir rolü yok; her şeyin sorumlusu Güneş. Ne var ki, Dünya'nın sonunu hazırlamak konusunda

biz de elimizden gelen çabayı gösteriyoruz. Senaryoya göre, insanlık okyanusların buharlaştığını göremeyecek belki ama küresel ısınma, sanayileşmeyle birlikte artan kirlilik ya da aşırı nüfus artışı gibi nedenler yüzünden önümüzdeki birkaç on yıl içinde çok ciddi su sıkıntısı çekileceğini biliyoruz.

Küresel ısınma nedeniyle dünyanın başına gelebilecekler konusunda en önemli ipuçlarını öncelikle 20. yüzyılda gözlenen değişimler oluşturuyor. Bu yüzyılda, deniz seviyelerinde yaklaşık 25 cm'lik bir artış oldu, önemli buzulların bir kısmı yitirildi, bir kısmında da önemli oranlarda geri çekilmeler gözlemlendi, dünyanın çeşitli yerlerinde yağış miktarları değişti, göl sularının sıcaklıklarıyla dünyanın kimi bölgelerinde yaşanan fırtınalar ve seller arttı. Bütün bunların yanı sıra, geçtiğimiz yüzyılda dünyanın sıcaklığı yaklaşık 0,6 °C kadar arttı. Son yirmi yılsa, bu artışın en yüksek olduğu dönem. Yalnızca 0,6 °C'lik bu artışın küçümsenecek bir miktar olmadığı çok açık. Bu nedenle bilimadamları, gelecekte yerkürenin sıcaklığında yaşanacak 1,4 - 5,8 °C'lik artışın yol açacağı sonuçları öngörebilmek için çeşitli iklim modelleri geliştiriyorlar.

Ne var ki, atmosfere sera gazı salımından hemen vazgeçsek bile, bu gazlar daha yıllarca atmosferde kalmaya devam edecekleri için dünyamız bir süre daha ısınacak. Ayrıca, deniz suyu seviyelerinde 9 - 88 cm'lik bir yükselme ve buna bağlı olarak kıyı şeritlerinde erozyon ve su basmaları yaşanacağı, ormanlar, sulak alanlar gibi doğal ekosistemler üzerinde büyük baskılar oluşacağı, böcek ve kemirgen hayvanların taşıdıkları hastalıklar yüzünden sağlık sorunlarının artacağı, artan sıcaklık yüzünden kimi bölgelerde tarımın çok zarara uğrayacağı, kuraklık ve temiz su sıkıntısının baş göstereceği, bölgesel su dengelerinde bozulmaların, yüzey akışı ve toprak neminde değişimlerin olacağı, Hollanda, Bangladeş ya da Mississippi deltası gibi alçak bölgelerde ciddi toprak kayıpları olacağı ve göçlerin yaşanacağı söyleniyor. Ayrıca ısınmayla birlikte daha fazla su buharlaşacak, bu da kimi bölgelerde yağışların artmasına yol açacak. Sert ve sürekli rüzgârlarsa, suyun topraktan daha hızlı bir



biçimde buharlaşmasına yol açacak. Böylece kimi bölgeler daha önce olduğundan daha kurak olacaklar.

Türkiye'yi Neler Bekliyor?

Türkiye için geliştirilen senaryolarda da durum pek parlak görünmüyor. Bu modellemelerden birinde, atmosferdeki CO₂ birikimini azaltmak için hiçbir önlem alınmadığında 2080'lere kadar Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklıklarda 3 - 4 °C artış (1961 - 1990 verileri temel alınmış), yağışlarda 0 - 1 mm/gün azalış, akarsuların yıllık akımlarında % 20 - 50 azalış, tarımsal üretimde % 0 - 2,5'lik azalış bekleniyor. CO₂ birikimlerini 750 ppm'de durdurmayı öngören senaryoya göre, sıcaklık artışı 2 - 3 °C olurken, CO₂ birikimi 550 ppm'de durdurulduğundaysa, 1 - 2 °C artış öngörülüyor. Yine bu iki senaryoya göre, yıllık ortalama yağışlarda 0 - 0,5 mm/gün azal-



ma, CO₂ birikimini 750 ppm'de durduran senaryoya göre akarsu akımlarında % 5 - 25'lik azalma, 550 ppm'de durduran senaryoya göreyse % 0 - 15'lik azalma öngörülüyor. CO₂ birikimi bu iki değerde durdurulduğunda tarımsal üretimimizde 2080'li yıllara kadar % 0 - 2,5'lik bir artış bekleniyor.

Aslında tek sorunumuz küresel ısınma değil elbette; sürekli artan nüfus da kişi başına düşen su miktarının azalmasında önemli etkenlerden. Örneğin, 1970'te kişi başına düşen su miktarının, 1995'e gelindiğinde artan nüfus nedeniyle % 37 oranında azaldığı söyleniyor. Dünya nüfusunun artmaya devam ettiği düşünülürse, bizi bekleyen senaryo hiç de iç açıcı gö-

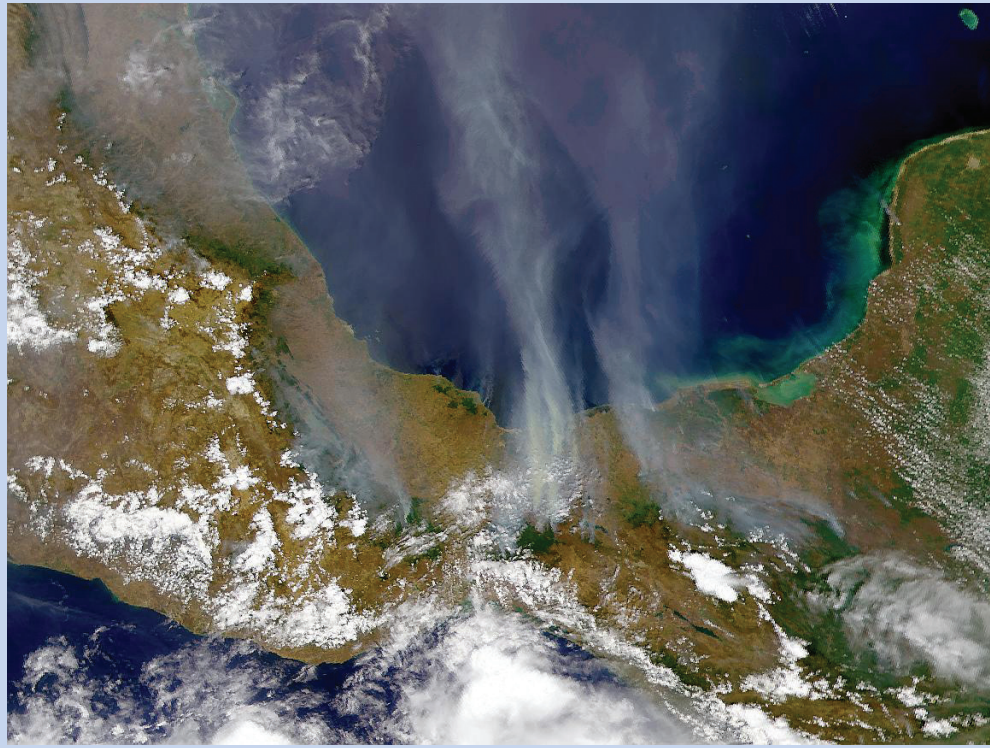
rünmüyor. Ülkemizdeyse, 2000 yılı verilerine göre kişi başına düşen yıllık su miktarı 2615 m³ kullanılabilir miktarsa yaklaşık 1700 m³.

Kişi başına düşen yıllık ortalama su miktarı 10.000 m³'ün üzerinde olan ülkelerin su zengini olarak kabul edildiği düşünülürse, Türkiye su bakımından pek zengin bir ülke sayılmaz.

Özellikle küresel ısınmanın yol açabileceği sonuçlarla ilgili hesaplama ve tahminler, Türkiye'nin de içinde bulunduğu Güneydoğu Avrupa bölgesinde kimi değişikliklerin olacağını gösteriyor. Buna göre, toprak nemliliğinde değişimler olacağı, sıcaklığın 2 °C arttığı ve yağış miktarının değişmediği durumlarda bile yüzey akışlarında % 4 - 37 arasında, 4 °C arttığı senaryodaysa % 8 - 91 arasında bir azalma olacağı ve yüzey akışlarındaki en büyük düşüşünse Cizre - Urfa - Harran havzasında görüleceği gibi olumsuzluklar ortaya çıkacak. Ayrıca, buharlaşmanın ve yaz aylarında kuraklığın artacağı, iç sularda yaşayan balık türlerinde azalma olacağı, arazi kullanımında meydana gelecek değişiklikler nedeniyle erozyonun artacağı söyleniyor.

Türkiye bütün bunlarla başa çıkabilmek için bir acil durum planı yapmak zorunda. Bu plan genellikle iki ana bileşene dayanıyor: Talebin karşı-





lanması için yeni kaynakların bulunması ya da artırılması ve talebin azaltılması. Yeni kaynakların bulunması elbette her zaman kolay değil. Bunun bir yolunun, uzaktaki başka kaynakların çeşitli yollarla taşınması olabileceği söylenirken, yüzeysel kaynakların biriktirme haznelerinin hacimlerinin artırılması, yeraltı su kaynaklarının beslenmesi ve depolanarak kullanılması ya da atık suların yeniden kullanımını olası kılan arıtma tesislerinin kurulması gibi yöntemler de genel kabul görüyor. Talebin azaltılmasıysa, suyun birim fiyatında artış, su kısıtlaması, su kaynaklarının korunma altına alınması ya da su gereksiniminin mümkün olan en düşük ve en uygun düzeyde karşılanabilmesi için gerekli planların uygulamaya geçirilmesi gibi yöntemlerle sağlanmaya çalışılabilir.

Su yönetimi konusunda gösterilecek olan duyarlılık kadar önemli olan bir başka konu daha var. Türkiye, komşu ülkelerle uzun dönemli ilişkilerinde de iklim değişikliği nedeniyle yaşanacak “su fakirleşmesi”ni göz önünde bulundurmalı. Özellikle güney komşularımız olan Suriye ve Irak’ta küresel ısınmanın sular üzerindeki etkisinin daha şiddetli olacağı söyleniyor.

Türkiye’nin 234 milyar m³ olan yenilenebilir su potansiyelinin 193 milyar m³’ünü yer üstü suları oluşturu-

yor. Bu potansiyelinin yaklaşık 1/3’ü Dicle ve Fırat nehirlerince sağlanıyor. Türkiye’de doğup Suriye ve Irak’tan geçerek denize dökülen bu iki nehrin toplam su potansiyeli, Nil nehrininkine yakın. Diğer bölgelerimize oranla daha az yağış alan Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nden geçen Dicle ve Fırat nehirlerinin potansiyelinden yararlanabilmek için 1960’lı yıllardan beri çeşitli projeler geliştiriliyor. Ne var ki, özellikle bu nehirlerin sularının paylaşımı, komşularımız Suriye ve Irak’la aramızda birtakım sorunlara yol açıyor. Biliminsanlarının söylediği gibi, eğer yakın gelecekte Ortadoğu’da ciddi su sıkıntıları ya-

şanacaksa, bu sorunların ciddi boyutlara erişmesinden çekiniliyor. Türkiye’nin sınır aşan suların yönetimi konusunda belirlediği birtakım ilkeler var. Buna göre:

- Su en temel insan gereksinimi ve hakkıdır.
- Bir nehrin topraklarından geçtiği her ülke, kendi toprakları dahilinde sınır aşan suların kullanım hakkına sahiptir.
- Bu ülkeler kendi kullanımlarının diğer ülkelere “ciddi bir zarar” veremeyeceğinden emin olmalıdır.
- Sınır aşan sular eşit ve uygun biçimde kullanılmalıdır.
- Eşit kullanım, ülkeler arasında sınır aşan suların kullanımının eşit dağılımı anlamına gelmemektedir.

Ayrıca Uluslararası Su Hakları Yasası ve Uluslararası Su Komisyonu’nca belirlenen bazı maddelere göre su sorunlarının çözümünde “Hakça Kullanım İlkeleri” benimseniyor. Buna göre, ilgili ülkelerin su yoluna katkıları, su gereksinimleri, suları değerlendirme ve depolama konusunda aldıkları önlemler, gereksinimlerini başka havzalardan karşılama olasılıkları gibi noktalar göz önünde bulunduruluyor.

Elif Yılmaz

Kaynaklar:
Türkeş M., “İklim Değişikliği:Türkiye-İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi İlişkileri ve İklim Değişikliği Politikaları”, Vizyon 2023: Bilim ve Teknoloji Stratejileri Teknoloji Öngörü Projesi, Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Paneli Vizyon ve Öngörü Raporu, 2002
Şen Z., “İklim Değişikliği ve Türkiye Su Kaynaklarına Etkileri”, İklim Değişikliği ve Türkiye Su Kaynaklarına Etkisi, Su Vakfı Yayınları, 2002
Kömüşçü, A. Ü., “Küresel İklim Değişikliği: Küresel ve Bölgesel Hidrolojik Etkileri”, İklim Değişikliği ve Türkiye Su Kaynaklarına Etkisi, Su Vakfı Yayınları, 2002



Diplomasinin Odağındaki Su

Dünya'da ve özellikle bölgemizde kişi başına düşen su miktarının hızla azalması, sınır aşan suları, gerginliklerin ve uluslararası ilişkilerin merkezine taşımış bulunuyor. Hacettepe Üniversitesi Uluslararası İlişkiler Bölümü, Stratejik Araştırmalar Merkezi Müdür Yardımcısı, Doç. Dr. Sencer İmer, bu konudaki görüşlerini dergimizle paylaştı.

BTD - Suların azalmasının Türkiye açısından politik sonuçları neler olabilir? Türkiye'nin bu konuda plan ve projeleri var mı?

İçinde yaşadığımız Ortadoğu ve Kuzey Afrika bölgeleri, dünyada kişi başına suyun en az miktarda düştüğü yerler. Toplam tatlı su kaynakları dünyada mevcut suyun % 2,5'i. Bunun da % 70'i bu suların altında bulunuyor. Bizim kullanabildiğimiz yeraltı ve üstü kaynaklar, geriye kalan % 30'luk kısmın % 1'i. Bu da aşağı yukarı 9 bin km³'e karşılık geliyor. Biz şimdilik bu suyun % 50'sini kullanıyoruz, önümüzdeki yirmi yıl içinde de % 70'ini kullanacağımızı düşünüyoruz. Bu 9 bin km³ suyu dünya nüfusuna bölersek aşağı yukarı 1600 m³ gibi bir sayı çıkar. Türkiye'de kişi başına düşen su miktarı ortalama yıllık 1700 m³. Aslında su bakımından zengin sayılmayız; ama bir açıdan da yaşadığımız bölgede en iyi durumda olan ülkelerden biriyiz. Bu bölgede 300 milyon kişi yaşıyor, kişi başına düşen yıllık su miktarı 1000 m³'ün altında. Yirmi yıl sonraysa nüfusun 600 milyona ulaşması bekleniyor. Bölge, su bakımından dünyanın en zor durumda olan bölgesi. Bu nedenle de, bölgede çatışmalar eksik olmuyor. Artan nüfus nedeniyle su konusunda önümüzdeki dönemde bölgeden Türkiye üzerine çok büyük politik baskılar gelecek. Hatta Avrupa Birliği'nden bu tür baskılar gelmeye başladı bile. En önemli su kaynaklarımız olan Fırat ve Dicle nehirlerinin uluslararası bir su idaresinin yönetimine verilmesi isteniyor. Bu, Türkiye'nin egemenlik haklarına saldırıdır. Ortadoğu ülkelerinin Türkiye'nin su kaynakları üzerinde gözünün olması da bizim için ciddi bir sıkıntıdır.

GAP yalnızca Türkiye için değil, tüm bölge için hem sulama, hem enerji elde etme, hem de gıda güvenliği açısından çok önemli bir proje. Ancak, çeşitli baskılar nedeniyle GAP bitirilemedi. GAP bitmiş olsaydı, 1,7 milyon hektarlık bir alan sulanabilecekti. Oysa, şu anda sulanabilen alan ancak 200 bin hektar civarında. Komşularımızın bir kısmı bundan memnun; çünkü bu suların tarımda kullanılmasından rahatsızlar. Ancak bizim buna ihtiyacımız var. Nüfusumuz sürekli artış gösteriyor; ama su kaynaklarımızda bir artış yok. 1993'te Türkiye'de kişi başına düşen yıllık ortalama su miktarı 1830 m³'ken, 2020'de bu miktar 1000 m³'e düşecek. Bu da, su fakiri durumuna düşmemiz anlamına geliyor. Ama bölgedeki İsrail, Filistin, Ürdün gibi ülkelerin mevcut su potansiyelleriyle bile yaşamaları mümkün görünmüyor. Bu durum da bölgede çok büyük bir baskı ve sorun oluşturuyor.

Peki, bu sorun çözülemez mi? Bunun için Türkiye'nin çok olumlu yaklaşımları var. Türkiye komşularına bu açıdan yararlı hizmetler sunmak için birkaç önemli adım attı. Bunlardan bir tanesi



Manavgat Suyu Projesi. Manavgat Nehri'nin kullanılmayan (denize akan) yaklaşık 4,5 milyar m³'lük suyunun 200 milyon m³'ünü değerlendirmek için bu projeye 150 milyon dolarlık yatırım yapıldı. Bu su, komşularımıza bölgede barışa katkıda bulunmak üzere satışa sunuluyor. Bunun 50 milyon m³'üne İsrail talip oldu ama, bildiğim kadarıyla henüz bu alım gerçekleşmedi. Türkiye'nin teklif ettiği fiyat 1 m³ için 20 - 25 cent (biz Ankara'da suyun m³'ne 45 cent ödüyoruz), İsrail bu rakamı 10 cent'e çekmek istiyor. Bugün deniz suyunun arıtılmasının maliyeti 1 - 3 dolar arasında değişiyor. Ayrıca bu su, o yöntemle elde edilecek sudan çok daha kaliteli. Bir diğer projemizse Barış Suyu Projesi. 1986'da gündeme gelen projede, Seyhan ve Ceyhan nehirlerinin kullanılmayan sularından 6 milyon m³'ünün iki güzergâh üzerinden satışı söz konusuydu: Suriye, Ürdün üzerinden Suudi Arabistan'a kadar uzanan batı hattı ve Suriye, Kuveyt, Birleşik Arap Emirlikleri ve Dubai'ye kadar uzanan doğu hattı. Bu sayede her iki hattan 6 - 7 milyon insana günlük olarak 400 litre su sağlanacaktı. Suyun m³'ünün maliyetinin 80 cent - 1 dolar civarında olduğu projenin maliyeti, 24 milyar dolar. Bu aslında Türkiye'nin para kazanmaktan çok, bölge barışına bir miktar katkıda bulunmak amacıyla yaptığı bir girişim. Ne var ki, bölge ülkeleri bu plana sıcak bakmadılar.

Türkiye'nin çözüme yönelik bir diğer girişimi de Fırat ve Dicle Havzası Sınır Aşan Sularının Hakça, Akılcı ve Optimum Kullanımı için Üç Aşamalı Plan. Bu plan özellikle güney komşumuz Suriye ve Irak'a teklif edildi. Planda, bu üç ülkede genel olarak su ve toprak kaynaklarının envanterlerinin çıkarılması ve bu kaynakların değerlendirilmesi esas alınıyor. Bu sayede o bölgede gıda güvenliği açısından yapılması gereken şeylerin saptanması ve sanayi ve evsel gereksinimlerin karşılanması için ayrılacak su miktarının belirlenmesi kolaylaşacak. Ne var ki, Türkiye'nin bu girişimi de yanıtızsız kaldı. Ancak son zamanlarda Suriye ile aramızda Üç Aşamalı Plan konusunda olumlu gelişmeler yaşanıyor.

Ne yazık ki bölgedeki bu sorun uluslararası hukukla çözülüyor. Çözüm, ülkelerin egemen iradelerine dayanan ülkeler arası ikili anlaşmalarla mümkün olabiliyor. Ne var ki, aşağı kıyıdaş ülkeler kimi zaman kullanım önceliği konusunda ısrarcı olunca çözümünden uzaklaşıyor. Oysa uyulması gereken, hakkaniyete dayalı biçimde suyun ülkeler arasında en uygun olarak kullanılması ilkesidir.

Su sorunun en akıllıca çözümlerinden biri de, suyun efektif kullanımının sağlanmasıdır. Bunun için de, hangi ürünleri nerede yetiştirmek gerek, nerede daha az suya gereksinim duyuluyor gibi noktalara açıklık getirmek gerekiyor. Her ürünün üretilmesinde gereken su miktarına sanal su deniyor. 1 kg buğday üretmek için 1 - 2 m³ suya gereksinim duyuluyorken, 1 kg dana eti için gerekli su miktarı 13 m³. Demek ki, su kullanımında beslenme alışkanlıkları çok önemli. Ülkelerin su potansiyellerine uygun beslenme biçimlerini benimsemeleri gerekiyor. Suyun ürünlere yönlendirilmesi kadar, sulamada kullanılan yöntemler de çok önemli. Fıskiye yoluyla ya da en gelişmiş yöntem olan damlatma yoluyla sulama yöntemleri bu açıdan önem kazanıyor. Almanya'da yapılan bir çalışmada, eğer uygun yöntem seçilebilirse tarımda kullanılan sulamada % 40 oranında tasarruf etmenin mümkün olduğu ortaya çıkarıldı. Üç Aşamalı Plan'da GAP bölgesi için düşünülenlerden biri, suyun efektif kullanımını mümkün kılmak. Ancak, bunu tüm Türkiye için düşünmek zorundayız. Kanalizasyon ve atık su arıtma tesislerinin olmaması da özellikle yeraltı suları için önemli bir tehdit olduğu için yapmamız gerekenler listesine bu tür tesislerin yapımının da eklenmesi gerekiyor. Bunlar yapılmadığı sürece de zaten az olan kaynaklar iyice azalıyor. Uzun vadede, yeni teknolojiler ve ucuz enerji kaynaklarıyla deniz suyundan su arıtma işleminin gerçekleştirilmesi zorunlu gibi görünüyor.

Türkiye'nin tüm bunları karşılamak üzere bir planı yok. Bunun için belki bir su merkezi kurulmalı ve konu tüm yönleriyle ele alınıp uzun vadeli stratejiler belirlenmeli.



İÇME SUYU

Su zengini bir gezegende yaşamamıza karşın “su kaynakları” bakımından fakir olmamızın arkasındaki tablo şöyle: Dünya su varlığı, yaklaşık 1,4 milyar km³ olarak tahmin ediliyor. Uzmanlar, bunun % 0,08’inden bile azının insan kullanımına uygun olduğunu söylüyorlar. Bu, tüm dünya suyu bir kuvvet içinde toplansa, neredeyse bir kaşık su demek! Bu bir kaşığın da hesabı var. Dünya su varlığının % 2,5’u tatlı. Su kaynakları, insan kullanımına uygun ya da bu potansiyeli taşıyan kaynaklar olarak tanımlanıyor. Ancak, tatlı suyun tamamı su kaynakları olarak kullanılamıyor. Çünkü, tatlı suyun büyük bölümü, dağların tepeleri, buz dağları, buzullar ve yeraltı sularında “gömülü”. Akarsular, göller ve bataklıklar gibi yüzey suları, tatlı suyun yalnızca % 0,3’ünü oluşturuyor. İçme suyu olarak en önemli kaynağımız da bu yenilenebilir yüzey suları. Yüzey sularının kaynağıysa su döngüsü. Su döngüsü aracılığıyla karalara düşen yıllık yağış miktarı 119 bin km³. Bunun büyük bölümü buharlaşarak atmosfere dönüyor. Geriye kalanı, yüzey sularıyla birlikte yeraltı sularını da besliyor. Sellarla kaybolan ve ulaşamadığımız yerlerdeki sular da hesap edilirse, elimizde kalana şaşırmamalı.

Üstüne üstlük, dünya su kaynaklarıyla ilgili tablo gittikçe kararıyor. Bunun nedeni, yalnızca varlık içinde yokluk çekmemiz değil. Yaşanan sorunların başında, su kaynaklarının coğrafi bakımdan eşit olmayan dağılımı geliyor. Dünya su kaynaklarının yarısından fazlası 10 ülkenin sınırları içinde bulunuyor. Eşitsizlik en çok Asya’yı etkiliyor. Dünya nüfusunun % 60’ını barındıran Asya, dünya su kaynaklarının % 36’sına sahip. Asya’da

kişi başına düşen yıllık su miktarı 3.400 m³’ken bu rakam, Afrika’da 7.000 m³, Okyanusya’da 70.000 m³, Norveç, Kanada, Yeni Zelanda gibi ülkelerde 100.000 m³’e çıkıyor, kimi Kuzey Afrika ve Orta Doğu ülkelerindeyse 100 m³’e kadar iniyor. Üstelik, tarih boyunca yaşanan su savaşlarının da bir uzantısı olarak kaynakların iki ya da daha fazla ülke tarafından paylaşılması, su sorununu körüklüyor. Şu anda bu durumda olan 263 havza var. Bu havzaların bulunduğu ülkelerde dünya nüfusunun % 40’ı yaşıyor.

Sanayileşmeyle birlikte ortaya çıkan çevre kirliliğinden tutun tarım, sanayi ve enerji üretiminin artması, bu üretimlerin sürdürülebilir olmaması, nüfusun çoğalması, kentleşme, ormanların tahribi, küresel ısınma ve kuraklığa kadar birçok etken de su kaynaklarının azalmasına, kalitesinin bozulmasına neden oluyor. Bunların arasında nüfus artışı ve çevre kirliliği sıvılıyor. Küresel olarak yıllık su gereksinimini 12,5-14 milyar m³ olarak tahmin eden uzmanlar, 1989 yılında kişi başına düşen 9.000 m³ su miktarının, 2000 yılında 7.800 m³’e düştüğüne dikkat çekerek, 2025 yılında 8 milyarın üzerine çıkması beklenen dünya nüfusuyla düşüşün 5.100 m³’e kadar devam edeceğini bildiriyorlar. Birçok gelişmekte olan ülke, sağlıklı bir insanın yıllık gereksinimi olan en az 1.700 m³ suyu vatandaşlarına sağlayamıyor. Birleşmiş Milletler’in su raporuna göre, gelişmekte olan ülkelerin yarısı su kıtlığı çekiyor. Dünyada 1,1 milyar insan yeterli içme suyundan, 2,4 milyar insansa temiz, sağlıklı sudan yoksun. Uzmanlar, 2025 yılına gelindiğinde dünya nüfusunun yarısının susuzlukla karşı karşıya kalacağını söylüyorlar. Çevre kirliliğiyle su sorunu arasındaki ilişkiye gelince... Birleşmiş Milletler Çevre Programı’nın 2002 raporuna göre dünyada bulunan akarsuların yaklaşık yarısı kirleniyor. Günde 2 milyon atık suya boşaltılıyor. Bunlar, sanayi ve tarım kaynaklı atıklar, kimyasallarla evsel kaynaklı atıklar. Dünya atık su üretiminin 1.500 m³ olduğu tahmin ediliyor. Uzmanlar, bir litre atık suyun, 8 litre tatlı suyu kirlettiğini söylüyorlar. Bu da su kaynaklarının kalitesinin nasıl bo-

zulduğunu gösteriyor.

Kimi uzmanlar da, birçok ülkede % 30’dan fazla suyun dağıtım sistemi içinde yitirildiğine işaret ederek, su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir kullanılmamasını daha ciddi buluyorlar. Uzmanların şikayet ettiği bir konu da su sorununa yerel çözümler bulunmaması. Dünyada örnekleri de olan yağmur ve sis suyunu toplama, güneş aracılığıyla suyu dezenfekte etme gibi yerel çözümlerin yaygınlaştırılması ve geliştirilmesi gerektiğini söylüyorlar.

Şimdilik içme suyu kaynaklarımızın çoğunu yüzey suları ve yeraltı suları oluşturuyor. Sözüne ettiğimiz gibi içme suyu elde etmede yüzey sularının kullanımı daha yoğun. Çünkü, suyun arıtılması karışık teknikler ve teknolojiler gerektirmiyor. Yüzey suları, neredeyse Mısırlılardan beri doğrudan ya da barajlar aracılığıyla arıtılarak temiz ve sağlıklı su elde ediliyor. İlk başlarda istenmeyen parçacıkların filtrasyonu üzerine kurulu arıtım işlemlerine, 19. yüzyılın ikinci yarısından başlayarak suyla geçen hastalıkların önlenmesine yönelik dezenfeksiyon da eklenmiş durumda. Her yıl, yaklaşık 5 milyon insanın sudan kapıldığı hastalıklardan öldüğüne ilişkin istatistikler, su arıtımı sonunda temiz ve sağlıklı su elde etmenin önemini gösteriyor. Su arıtımına yönelik teknolojiler iki kolda gelişiyor. Birincisi; düşük hacimli su gereksinimini karşılamaya yönelik paket arıtma sistemleri üzerine. Bu sistemlerle genelde kuyu suyunun bulanıklığının giderilmesi, yumuşatılması gibi işlemler gerçekleştiriliyor. Bir de, büyük hacimli su gereksinimini karşılamaya yönelik merkezi arıtma sistemleri var. Evlerimize de su dağıtan bu merkezi arıtma sistemleri gelenekselleşmiş; yüzyıllardır aynı işlemler yapılıyor. Bunlar temel olarak; kimyasallarla su içindeki istenmeyen maddelerin toplanması denebilecek koyulaştırma, bu maddelerin suyun dibine inmesiyle çöktürme, daha küçük parçacıkların kum, çakıl, kömürden süzülmesiyle filtrasyon, mikrop-lardan arınmayı sağlayan dezenfeksiyon, suyun pH’nın ayarlandığı yumuşatma ve havalandırma işlemleri. Su arıtımında en kullanışlı maddeler ve teknikler belirlendiğinden bu alanda yeni teknolojiler üretilmiyor. Ancak tıp, tekstil gibi çeşitli alan-

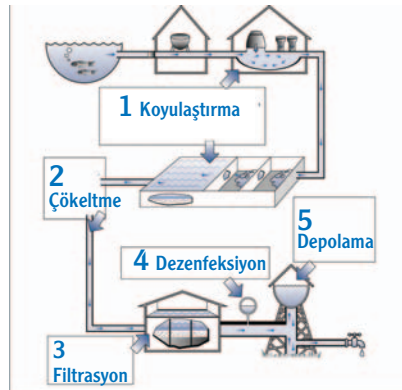


Koyulaştırma



Filtrasyon

Merkezi Arıtma Sistemi



1 Koyulaştırma: Suya şap, demir tuzları ya da sentetik organik polimerler eklenir. Bu kimyasal maddeler su içindeki kir ve diğer parçacıklara yapışarak bunları batacak kadar ağır hale getirirler.

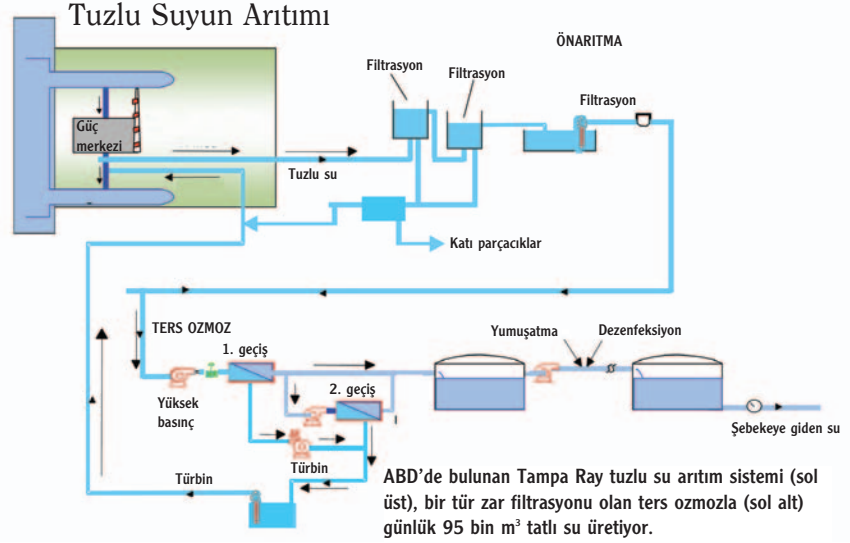
2 Çöktürme: Ağır parçacıklar suyun dibine çökerler.

3 Filtrasyon: Su, kum, çakıl, kömür filtrelerden geçirilerek içindeki en küçük parçacıklardan arındırılır. Sentetik maddelerin geliştirilmesiyle filtrasyon işleminde yeni malzemeler de ortaya çıktı. Örneğin zar filtrasyonda su, küçük gözeneklere geçiyor. Gözenekler küçüldükçe mikro, ultra hatta nano filtrasyonlardan söz etmek mümkün.

4 Dezenfeksiyon: Klor, ozon gibi kimyasallar ya da morötesi ışınlama suyun içindeki bakteriler ve diğer mikroorganizmalar yok edilir.

5 Depolama: Su, büyük tanklarda bir süre bekletiliyor. Özelliklerine göre arıtma işleminde suyun yumuşaklığıyla ilgili işlemler de yapılıyor.

POTANSİYELİMİZ



larda belirli iyonların sudan arındırılmasına yönelik "ileri arıtım" sistemlerinde yeni teknolojilerin peşine düşüyor. Örneğin, ileri arıtım sistemlerindeki "zar filtrasyon" adı verilen işlem için mikroskobik gözenekli sentetik malzemeler araştırılıyor. Araştırılan bir diğer konu da atık suyun yeniden kullanımına yönelik. Atık su arıtımı da gittikçe yaygınlaşıyor ve etkin kullanımı için yeni teknolojiler geliştirilmeye çalışılıyor.

Su arıtımıyla temiz ve sağlıklı su elde edilmesi, suyla bulaşan hastalıkların önlenmesi ve dağıtımda boş yere suyun yitirilmemesi önemli, ancak gelecek için başka su kaynaklarını da düşünmemiz gerekiyor. Yeni su kaynakları ararken insanın gö-

zü ister istemez dünyanın su varlığının %97,5'ünü oluşturan tuzlu suya kayıyor. Tuzlu sudan tatlı su elde edilemez mi? Bununla ilgili teknolojilerin oldukça pahalı olması şimdiye kadar birçok ülkenin tuzlu suyu arıtmasını engelledi; kurak iklime sahip petrol zengini Orta Doğu ülkeleri dışında... Bu ülkeler arasında Suudi Arabistan dünyanın en büyük tuzlu su arıtma tesisine sahip. Uzmanlar, tuzlu su arıtımıyla elde edilen suyun küresel toplamının % 0,2'den az olduğunu belirtiyorlar. Tuzlu su arıtmak için iki teknik kullanılıyor. Bunlardan yoğunlaşmayı takip eden dağıtma, büyük enerji gerektirdiğinden kullanışlı değil. Ters ozmoz adı verilen bir tür "membrane filtrasyon" tekniğininse

gittikçe yıldızı parlıyor. Ozmoz, bitkilerde topraktan emilen suyun tüm bitkiye dağılmasını sağlayan bir işlem. Bu işlemde yarı geçirgen bir zar, yalnızca su moleküllerinin geçmesine izin veriyor; tuz ve diğer çözünmüş kimyasal moleküller zardan geçmiyor. Ozmoz daha iyi anlamak için iki tuzlu su ortamı arasında yarı geçirgen bir zar olduğunu düşünün. Su, tuzun daha yoğun olduğu ortama doğru hareket eder, ta ki her iki ortamın tuz oranları eşit oluncaya kadar. İşte bu işlem, ters ozmoz adı verilen ve tuzlu suya yüksek basınç pompalanmasına dayalı teknikle tersine çevrilebiliyor. Daha az enerji gerektiren, dolayısıyla daha ucuz olan ters ozmozun en iyi örneği, neredeyse tamamlanmak üzere. İsrail'de 2003 yılında inşaatı başlayan tesis, aralıkta tam üretimle birlikte yılda 100 milyon m³ tatlı su sağlayacak. Projenin toplam maliyeti, 250 milyon dolar!

Anlaşılan o ki yeterli, temiz ve sağlıklı içme suyu büyük bütçeler gerektiriyor. Ancak bu da yeterli değil, genel olarak su sorununun hükümetler, sivil örgütler ve iş dünyasından ilgili kurumların ortak ve etkin eylem planları, su yönetimleriyle masaya yatırılması gerekiyor. Suyla ilgili kararlar tablo, raporlarla ortaya konulduktan sonra yapılması gerekenler; elde bulunan kaynakların korunması, sürdürülebilir hale getirilmesi, su arıtımıyla ilgili verimi artıran teknolojilerin geliştirilmesi, yerel çözümlerin devreye sokulması, diğer yandan deniz suyundan tatl su elde etmek gibi yeni su kaynaklarının bulunması, küresel çapta suyun tasarruflı kullanılması ve atık suyun arıtılarak yeniden kullanılması olarak belirginleşiyor. Doğrusu, uluslararası anlaşmalarla da ilk adımlar atılıyor. Bu çok bileşenli sorunun çözümüne yönelik gelişmeleri izleyeceğiz; şimdilik toplumun farkındalığının artmasıyla yetinmeliyiz. Bir de gündelik yaşamda bilinçli su tüketmeye daha çok özen göstermeliyiz.

Tuğba Can

Türkiye'nin İçme Suyu Potansiyeli

ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü'nden uzmanlık alanı içme suyu olan Araştırma Görevlisi Nuray Ateş'le ülkemizdeki su potansiyeli hakkında görüştük.

BT: Ülkemizdeki kullanılabilir su kaynakları hakkında neler söylebilirsiniz? Su kaynakları yönünden fakir miyiz?

NA: 1998 yılı sonuçlarına göre ülkemizde içme ve kullanıma uygun yaklaşık 1,5 milyar m³ yüzey suyu ve yaklaşık 2,5 milyar m³ yeraltı suyu bulunuyor. Kullanılabilir su potansiyelimiz, yıllık 95 milyar m³, ancak bunun % 29'u değerlendirilebiliyor. Su kaynakları bakımından çevre ülkelerine göre iyi durumdayız, su sıkıntısı çekmiyoruz. Ancak, ülkemizde de su kaynakları coğrafi bakımdan dengesiz dağılıyor. Doğu Anadolu Bölgesi'nde su potansiyeli fazla, ancak çok fazla kullanıcı yok, diğer yandan Gelibolu Yarımadası'nda da su yok, insanlar susuz. İstanbul'da da şu anda 4 barajdan içme suyu elde ediliyor, ancak bunlar kullanıma uygun, içme suyu olarak kaliteli değil. Başka yerlerdeyse içme suyuyla bağ, bahçe sulanıyor. Üstelik, şebeke suyunda % 50'lere varan kayıplar var.

BT: Ülkemizde su kaynaklarını tehdit eden etkenler neler?

NA: Küresel olarak su kaynaklarını tehdit eden su kirliliği, küresel ısınma, nüfus artışı gibi etkenlere ülkemizde sanayileşme, düzensiz yapılaşma, kanalizasyon sorunları, bilinçsiz tüketimi de ekleyebiliriz. Ülkemizde nüfusun, sanayileşmenin yoğun olduğu batıda yüzey suları, doğudakine göre daha kirli. 2020 yılında Türkiye nüfusunun %1,5 artacağı tahmin ediliyor. Bu durumda yıllık kişi başına 1042 m³ su düşeceği hesaplanıyor. Bu, gelecekte su sıkıntısı çekeceğimiz anlamına geliyor. Bu nedenle bilinçli tüketimden söz ediyoruz. Örneğin, damlatan bir musluk önemsenmeyebilir, ancak yıllık 10 ton su kaybına neden olabilir. Bir musluğu değiştirmek bile orta ölçekli bir işletme için birkaç bin dolar kazanç demek.

BT: Ülkemizde kaç tane merkezi arıtma sistemi var?

NA: Ülkemizde kimyasal işlem içermeyen 89 ön arıtma, 40 geleneksel arıtma ve zar filtrasyon içeren bir ileri arıtma sistemi var. Bunların hepsi yıllık toplam 2392,9 m³ milyon suyu arıtıyor. Böylece nüfusun %71,1'ine içme ve kullanma suyu hizmeti veriliyor. Ülkemizde bulunan 26 havza DSİ tarafından yönetiliyor. Gerek sinime göre belediyeler, DSİ'yle işbirliği yaparak yeni su arıtma sistemleri kurup işletiliyorlar.

Kaynaklar
<http://www.ictp.trieste.it/~twas/pdf/SafeDrinkingWater.pdf>
<http://www.unicef.org/wes/mdgreport/waterCoverage0.php>
http://www.pueblo.gsa.gov/cic_text/health/watertap/ch3.pdf
<http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/INSIGHT/Fal-96/11.asp>

YERALTI SULARI

Endüstriyel gelişim, hızlı nüfus artışı, kentleşme ve tarımsal gereksinimler kullanılabilir suya gereksinimi gittikçe artırıyor. Kullanılabilir suya gereksinimin karşılanmasının en ucuz ve kolay yolu yeraltı sularının kullanılması. Yeraltı suları, yüzey suyunun bulunmadığı, kurak ya da yarı-kurak bölgelerde içme ve sulama amaçlı kullanılan tek su kaynağı. Bunun yanında yüzey sularının olduğu yerlerde de çok kullanılıyor. Nedeniye yüzey sularının sınırlı olması ve yıl içinde miktarlarında ve kalitelerinde önemli değişimlerin olabilmesi. Bir başka neden de yüzey sularının değerlendirilmesi için gereken yatırımların (baraj) pahalı olması.

Öncelikle yeraltı sularının nasıl oluştuğuna bakalım. Yağmur suları yeryüzüne indikten sonra suyun kirliliği önemli oranda artar. İnsan kaynaklı artıklar, hayvansal ve bitkisel artıklarla etkileşen su, büyük bir hızla büyük gözenekli yapılar ve yarıklar yoluyla yeraltına doğru taşınır. Süzülerek aşağıya doğru inen suyun içindeki katı maddelerin ve mikroorganizmaların büyük bir kısmı toprakta süzülür. Suyun karbondioksit miktarı artar, oksijen miktarı azalır. Hareketine devam eden su geçirimsiz bir tabakaya gelinceye kadar ilerler. Su, bu geçirimsiz tabakada birikir. Binlerce yıl içinde iklim ve yeraltı yapısına bağlı olarak da yeraltı suyunun miktarı belirlenir.

Dünyadaki su kaynaklarına baktığımızda mevcut suyun (1.400 milyon km³), % 97.5'i denizler ve okyanuslar-

daki tuzlu sular, % 2.5'iniyse tatlı sular oluşturuyor. Tatlı suların % 97'siniyse yeraltı suları. Dünyadaki toplam suyun 0,5 milyon km³'ü denizlerde ve toprak yüzeyinde meydana gelen buharlaşmalarla atmosfere geri döner. Su çevrimi içinde de yağmur ve kar olarak tekrar yeryüzüne düşer. DPT'nin (Devlet Planlama Teşkilatı) Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı içindeki, Su havzaları, Kullanımı ve Yönetimi Özel İhtisas raporuna göre, ülkemizde ortalama yağış miktarı 643 mm. Bu yağış miktarına bağlı olarak da yılda ortalama, 501 milyar m³ su ülkemize girmekte. Bu miktarın 274 milyar m³'ünün buharlaşmayla atmosfere geri döndüğü, 41 milyar m³'ünün, yüzeyden sızarak yeraltı su rezervlerini beslediği, 186 milyar m³'ünün akarsularla denizlere ve göllere döküldüğü kabul ediliyor. Tüm bu verilere dayanarak yapılan hesaplamalara göreyse, kulla-



Yrd. Doç. Dr. Levent Tezcan'a göre, ülkemiz su zengini.

nılabilir su miktarının 110 milyar m³/yıl olduğu hesaplanmış. Bunun da 12,3 milyar m³/yıl'lık kısmını yeraltı, 98 milyar m³/yıl'lık kısmıysa yerüstü suları oluşturuyor. Bu verilere göre kişi başına düşen yıllık tüketimimiz 1735 m³, mevcut potansiyelimizse 3690 m³ su. Bir ülkenin su zengini sayılabilmesi içinse kişi başına düşen miktarın yılda 10.000 m³ olması gerekiyor. Bu rakamlara göre ülkemizin su zengini olmadığı ortaya çıkıyor. Bu rakamların tam olarak ne anlama geldiğini ve ülkemizin gerçek su potansiyeliyle ilgili durumunu, Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Bölümü'nden yeraltı suları ile ilgili araştırmalar yapan Yrd. Doç. Dr. Levent Tezcan'a sorduk. Tezcan'a göre, bu veriler eksik. Eksik verilere göre değerlendirme yapıldığından da ülkemiz su fakiri gibi görünüyor. Her şeyden önce, dünyadaki tatlı su kaynaklarının % 97'sini yer altı suları oluştururken, bizdeki veriler bu durumun tam tersini veriyor (98 milyar m³ yerüstü, 12 milyar m³ yeraltı). Yalnızca buna bakıldığında bile verilerin eksikliği görülebilir. Bu hesaplamalar 1960'lı yıllarda elde edilen verilere göre yapıldığından ülkemizin su potansiyeli hakkında değerlendirmeler çok da doğru değil. Tezcan'ın Anadolu'daki gözlemlerine göre ülkemiz su fakiri değil tam tersine su zengini. Ancak bu zengin su potansiyelimizden yeterince yararlanılmıyor. Örneğin, Toroslar'dan Akdeniz'e, deniz suyu sıcaklığını değiştirecek kadar su akıyor. Yal-

nızca, Antalya kenti civarından denize giren su miktarı saniyede 80 m³. yalnızca, Düden Şelalesi'nden denize dökülen suyla İsrail'in 1 yıllık su gereksinimi karşılanabilir. Bir başka örnek olarak Suriye'ye giden yeraltı suyu miktarı verilebilir. Tezcan'a göre ülkemizden giden bu suyun ölçümü yapılmıyor. Bu su, en az Fırat nehri kadar önemli. Tüm bunlar ve çok daha fazla kaliteli suyu hiç kullanmıyoruz. Bunu kullanırsak su zengini, kullanmazsak su fakiriyiz denilebilir. Ancak gelecekte dünya bir su sıkıntısı içine girecek. Türkiye bu su sıkıntısını sorunsuz biçimde atlatabilir. Ancak bunu şimdiden planlamak gerekiyor. Öncelikle mevcut potansiyelimizi belirleyip ona göre bir su kullanma planı uygulamak gerekli. Bu planlamayı da özellikle küresel ısınma ve onun getireceği iklimsel değişikliklere göre yapmalıyız. Yerüstü suları için meteorolojik gözlem istasyonu sayısı artırılmalı. Yer altı suları içinde çok miktarda araştırma kuyusu açarak mevcut durum ortaya konulmalı. En derin yeraltı suyu kuyumuz 650 m civarında. Ancak bunun çok altını 1000 metre ve 2000 metre'nin hakkında hiçbir verimiz yok.

Yeraltı Sularının Kirlenmesi

Artan su gereksiniminin önemli bir kısmının elde edildiği yeraltı sularının kirlenmesi önemli bir çevre sorunu oluşturmaya başladı. Yeraltı sularında kirlilik insan faaliyetleri sonucu ya da doğal olaylardan kaynaklanabilir. İnsan kaynaklı kirlilik, evsel ve sanayi atıkları, tarımsal ilaçlar ve gübreleme, madencilik, yeraltı sondaj kuyularının hatalı inşasından kaynaklı. Evsel ve sanayi atıklar, eskiye oranla daha fazla deterjan (azot - fosfor) ve ağır metal içeriyor. Bunların da arıtılması her zaman yapılmadığından (özellikle küçük



Buna karar vermek yapılması gereken ilk şey kimyasal, fiziksel ve biyolojik analiz. Ancak buna imkan yoksa neler yapılabilir? Yerleşim birimleri içindeki ve tarımsal alan yakınında çıkan yeraltı sularının hiçbiri içilmemeli. Yerleşim yerlerinden uzaktaysa suya karışabilecek herhangi bir kirlilik kaynağının olup olmadığı kontrol edilmeli. Yakınlarda hayvancılık yapılmıyorsa, herhangi bir maden işletmesi yoksa o bölgelerdeki su içilebilir.

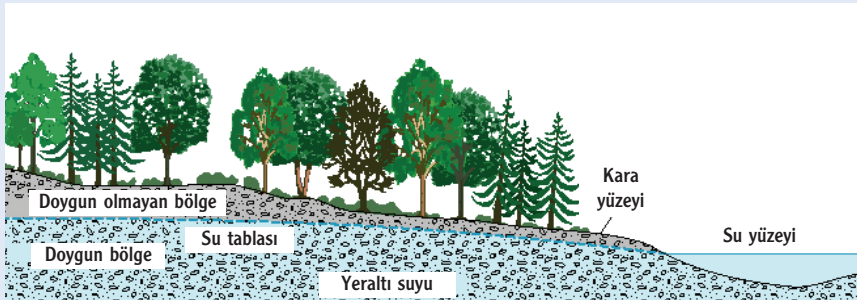
yerleşim birimlerinde) yeraltı sularına karışması olası. Bu karışım yeraltı sularının beslenme bölgeleri üzerindeyse etkisi çok daha fazla olur. Bir başka etken olan tarımsal ilaç ve gübre kullanımı, yerleşim yerleri dışındaki tarım alanlarında ve bunun altındaki yeraltı sularında oldukça kirlilik yaratıyor. Özellikle 1950'li yıllarda yapılan yanlış ilaçlamaların etkisini önümüzdeki yıllarda ortaya çıkacak ve yer altı sularının kalitesi bozulacak. Bu kirliliğin tespit edilmesi bile oldukça zor ve yüksek maliyetler gerektiriyor. Bunların yanında kirlenmiş yüzey sularının yeraltı sularına karışması da bir başka kirlilik kaynağı. Yüzey sularında kirlilik, kirletici kaynağın ortadan kaldırılmasıyla hızlı bir biçimde temizlenebilir. Yeraltı sularındaysa bu temizlenme çok uzun sürelerde olur. Bazen de temizlenme gerçekleşmez.

Yeraltı sularının çeşitli doğal yollarla da kirlenmesi söz konusu. Kalitesi düşük akarsular ve göller aracılığıyla etkileşirse yeraltı sularının da kalitesi önemli oranda düşer. Bunun yanında tuzlu jipsli, anhidritli ve borlu kayaç yapısıyla da etkileşen yeraltı suları, sulama ve içme suyu limitlerini aşan kirlilik göstermesi de mümkün. Ayrıca jipsli,

anhidritli sular sondaj kuyularındaki boruları ve pompaları çürütüp kullanılmaz hale de getirmekte. Doğal yollarla da bir başka kirlilik yaratan etmen de jeotermal faaliyetler. Jeotermal alanlar, sönmüş genç volkanların bulunduğu bölgelerde yer alırlar. Termal sular ne kadar derinden çıkarsa, sıcaklığı o derece yüksek olur. Bu sıcak su yeryüzüne çıkarken, çatlaklı ve bölgelerdeki kayaçları eritebilir. Böylece bu kayalarla da yukarı doğru çıkartabilir. Ülkemizden bir örnek vermek gerekirse, Büyük Menderes ovasındaki jeotermal sular, buradaki nehrin su kalitesini oldukça düşürmekte. Jeotermallerin insan sağlığı için yararlı olmaları ve enerji üretiminde de kullanılmaları nedeniyle zararlı etkileri genelde dikkate alınmaz. Bunların yanında, deniz suyuyla etkileşimi olan yeraltı suları da kirlenebilir. Deniz kenarındaki yer altı suları normalde denize boşalır. Ancak bu bölgelerdeki yerleşim yerlerinde bazen aşırı miktarda yer altı suyu çekilir. Bu durumda denize doğru olan yeraltı suyunun eğimi tersine döner. Bu defa deniz suyu yeraltı suyunun depolandığı bölgeye girerek suyun kalitesini düşürür. Bu suyun tekrar eski haline dönmesiye oldukça uzun zaman alır. Gelecekteyse suyun miktarından çok, ne kadar kaliteli suyun olup olmadığı önem kazanacak.

Bülent Gözcelioğlu

Kaynaklar
Turkey Country Report., 3 World Water Forum 2003
I. Yeraltı Suları Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı., Aralık 2004
Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Su havzaları, Kullanımı ve Yönetimi Özel İhtisas Raporu Ankara 2001
<http://www.worldwatercouncil.org/>



ATMOSFERDEKİ SU

“Atmosferdeki su” denildiğinde akla neler gelir? Kar, yağmur, su döngüsü, fırtına, bulut, nem... Atmosferde suyla ilişkilendirebileceğimiz o kadar çok şey var ki. Ancak, atmosferin suyun depolandığı bir alan olmayıp yalnızca bir “geçiş yolu” olduğunu unutmamak gerek. Peki, atmosferde bulunan suyun hepsi yağış olarak yeryüzüne inseydi ne olurdu? Uzmanların yaptığı bir hesaplama, böyle bir durumda yeryüzündeki tüm toprakların yaklaşık 2,5 cm yüksekliğinde suyla kaplanacağını gösteriyor. Bir tahmine göre, atmosferde yaklaşık 12.900 km³ su bulunuyor. Bu rakam, Dünya’daki su miktarının yalnızca yüzbinde biri. Peki, atmosferdeki su nerede? Hiç kuşku yok ki, atmosferdeki suyun en önemli ev sahibi bulutlar. Ancak bulutların dışında, havada da su buharı var.

Dünya’da gerçekleşen doğal su döngüsü sayesinde atmosferle yerküre arasında sürekli bir su alışverişi gerçekleşiyor. Atmosferdeki suyun % 90’ı buharlaşma yoluyla okyanuslardan, % 10’u da terleme yoluyla bitkilerden geliyor. Bu buharlaşma ve terleme olayları sonucunda su, buhar haline geçerek atmosferdeki hava akımlarına karışıyor. Zaman zaman sıcaklıklardaki düşmeye de bağlı olarak su, bulutlarda yoğunlaşıyor ve bir yere yağış olarak düşene kadar kuvvetli rüzgârların etkisiyle Dünya’nın çevresinde dolaşıyor. Bu suyun çoğu, su buharı, bulutlardaki sıvı damlacıklar ya da buz parçacıkları halinde atmosferin en alt tabakası olan troposferde bulunuyor. Atmosferin daha üst bölümlerinde bulunan ve Dünya’yı güneş ışınlarından koruyan ozon tabakasının da içinde yer aldığı stratosfer tabakasıdaysa çok az miktarda su bulunuyor.

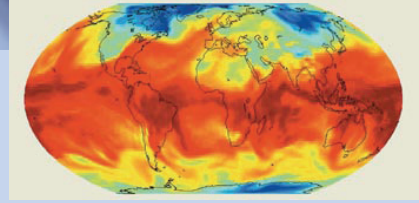
Atmosferdeki su, yüzey ve hava sıcaklıklarına bağlı olarak yaklaşık 10 günlük bir süre içinde Dünya’ya geri dönüyor ve iklimi biçimlendiren çok önemli bir etken olarak kabul ediliyor. Bu biçimlendirmedeki en önemli payı, sera etkisinin oluşumunda oynadığı rolle ilgili. Çünkü su buharı, atmosferde bulunan en önemli sera gazların-

dan biri. Ayrıca su, hal değiştirmesi nedeniyle bulut ve yağış oluşumları gibi iklimsel değişiklikler üzerinde de belirleyici bir etkiye sahip.

Bulutlar Nasıl Oluşur?

Bulutlar, havadaki su buharının soğuyarak, çok küçük parçacıkların üzerinde yoğunlaşıp sıvıya dönüşmesiyle oluşur. Kimi bulutlarda bu sıvı damlacıkları çarpışarak daha büyük damlacıklar oluştururlar. Bu çarpışmalar sonucunda damlacıklar havadan daha ağır hale gelirler ve düşerler. Buna, yağış denir. Yağışlar, yağmur, kar ya da dolu şeklinde olabilir. Hava sıcaklığının sıfır derecenin altına düştüğü durumlarda oluşan bulutlar, buz kristallerinden oluşur. Buz kristalleri, çok soğumuş su damlacıklarının yanlarında oluşur ve üzerlerine su buharı eklendiğinde büyür. Buz kristalleri tıpkı yağmur oluşumunda olduğu gibi, çarpıştıkça birleşerek ağırlaşır. Sonuçta havada yüzemeyecek kadar ağırlaştıklarında düşmeye başlarlar. Yere düşerken hava sıcaklığına bağlı olarak ya kar ya da yağmur haline dönüşürler.

Bulut deyince akla takılan ilginç bir soru da ağırlıklarının ne kadar olduğu. Gökyüzünde yüzermişcesine dolaşan bulutlara baktığımızda, hiçbir ağırlıkları olmadığı izlenimine kapılırız. Ancak bulutlar birtakım parçacıklardan oluştuğundan, hem ağırlıkları hem de yoğunlukları var. Yüzermiş gibi görünmelerinin nedeniyse bulutu oluşturan maddelerin yoğunluğunun, aynı miktardaki havanın yoğunluğundan az olması. Bu, yağın suyun üzerinde yüzmesine benzer. Sıklıkla karşılaşılabilecek bir bu-



Suyun atmosferdeki dağılımı, zaman, bölge ve yüksekliğe bağlı olarak değişir. Bu durum atmosferdeki su dağılımının bir modelinin oluşturulmasını zorlaştırır. Bu görüntü, 1996 yılının Eylül ayında uydulardan elde edilen bulgulardan hareketle belirlenmiş bir su buharı dağılım haritasına aittir. Nemli bölgeler kırmızı, kuru bölgeler mavi renkle gösteriliyor. Görüntüden anlaşılacağı gibi, tropikal bölgelerde kutuplara göre daha çok su buharı bulunuyor.

lut türü olan bir kümülüsü ele alalım. Bu bulutun hacmi, yaklaşık 1 km³ olsun. Atmosfer konusunda yapılan çalışmalardan elde edilen bulgulara göre, kuru havanın yoğunluğunun yaklaşık 1,007 kg/m³, nemli havanın yoğunluğunun yaklaşık 0,627 kg/m³ ve normal bir bulutunkinise yaklaşık 0,0005 kg/m³ olduğu biliniyor. Bulutlar, yaklaşık % 62 oranında kuru havadan oluşur. Tüm bu bilgiler ışığında yapılan bir hesaplama göre, 1 km³ kümülüsün, yaklaşık 635 milyon kg ağırlığında olabileceği belirlenmiştir. Buna karşın, kümülüs bulutları yine de havada yüzüyor gibi görünürler. Çünkü aynı hacimde kuru havanın ağırlığı, 1 milyar kg’dır ve bu miktar, bulutlarınkinden daha fazladır.

Zuhal Özer

Kaynak:

<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleatmosphere.html>

http://www.universetoday.com/am/publish/printer_water_map_atmosphere

http://www.atmosphere.mpg.de/enid/3bc87dbac993e82fe6445e965f8ed7e/0/1_Clouds/-_Water_in_the_atmosphere_25n.html

Atmosferdeki Suyun Ağırlığına İlişkin Bir Tahmin

Su kaynağı	Suyun hacmi (km ³)	Tatlısu oranı (%)	Toplam su oranı (%)
Atmosfer	12.900	0,04	0,001
Dünya’daki tatlısuların toplam miktarı	35.030.000	100	2,5
Dünya’daki toplam su miktarı	1.400.000.000	-	100



SU DÖNGÜSÜ

tına geçer ya da akarsulara karışır. Yeryüzüne ya da akarsulara geçen suyun hemen hepsi sonuçta yine okyanuslara dökülür. Böylece döngü yeniden başa döner.

Küresel boyutta düşünülecek olursa, su döngüsü içinde yer alan toplam buharlaşma ve toplam yağış miktarı yaklaşık olarak aynıdır ve bu, atmosferdeki suyun miktarının hep aynı kalması sonucunu doğurur. Ancak birtakım bölgesel farklılıklar da söz konusu. Örneğin kıtaların üzerinde yağış miktarı, buharlaşma miktarından daha fazladır. Okyanusların üzerindeyse tersi geçerlidir ve buharlaşma miktarı, yağış miktarından daha faz-

ladır. Öyle ki, okyanuslara başka kaynaklardan da su gelmeseydi, buralardaki su miktarı azalabilirdi. Ancak su döngüsünün doğal işleyişi içinde böyle bir durum gerçekleşmiyor. Son 100 yıl süresince de buzullardaki erime nedeniyle okyanuslara gereğinden daha fazla su geri geliyor. Bu da deniz düzeyinin ve su hacminin, dolayısıyla da buharlaşan su miktarının artmasıyla sonuçlanıyor. İklim değişikliklerinin su döngüsünü büyük ölçüde etkileyeceğini bu örnekten anlamak mümkün.

Zuhal Özer

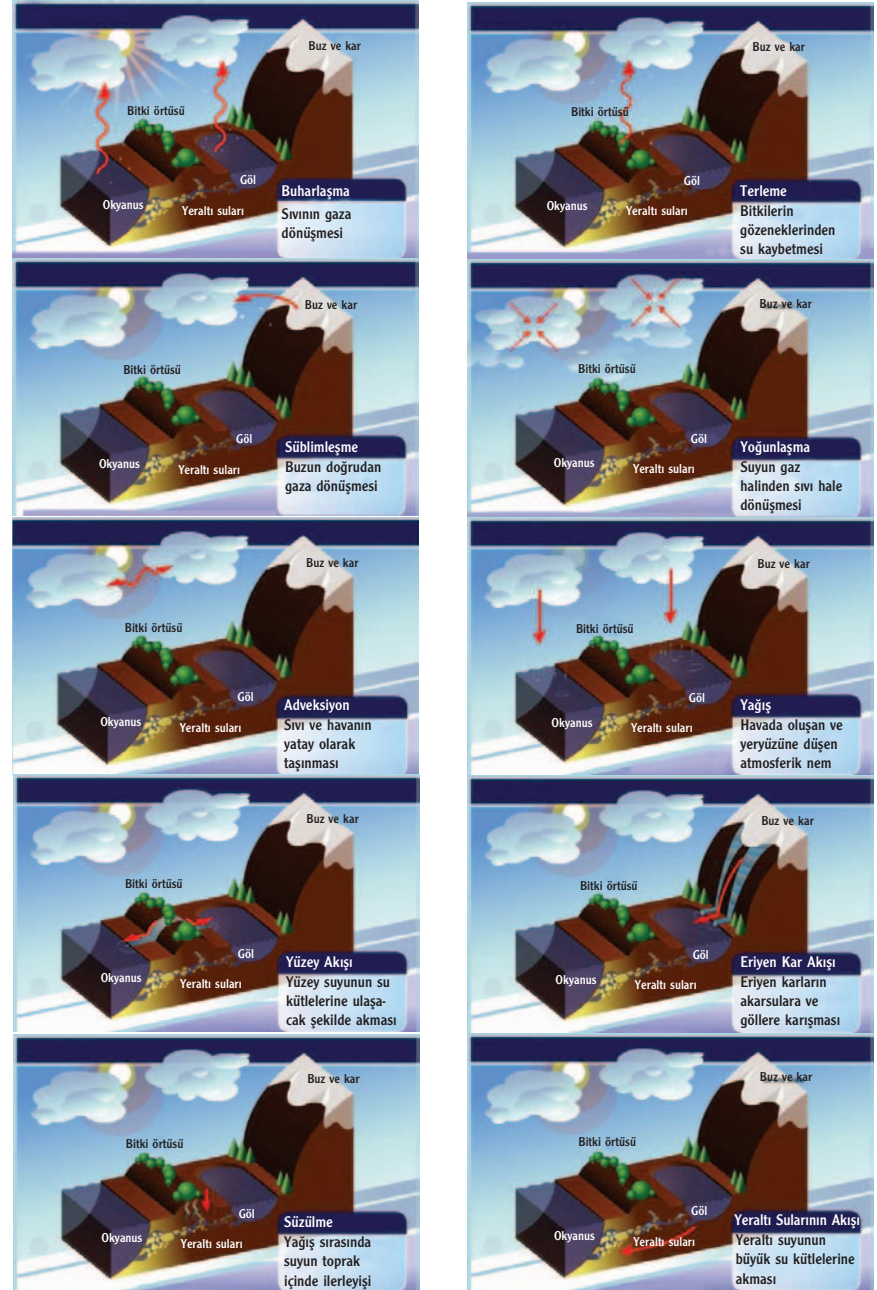
Kaynak:

<http://earthobservatory.nasa.gov/Library/Water/printall.php>

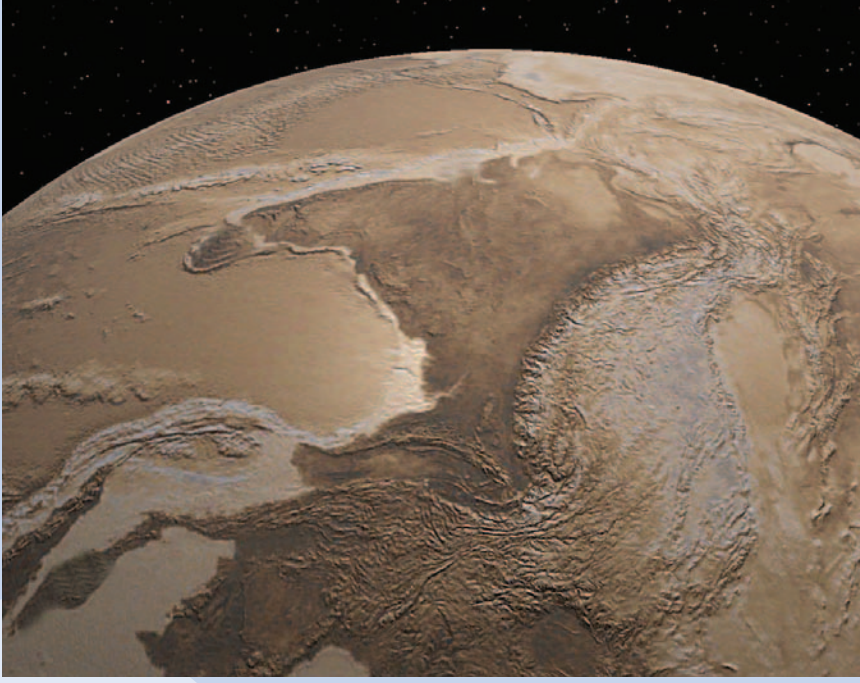
Okyanustaki suyun nereden geldiği, yanıtı en çok merak edilen sorulardan biridir. Bu sorunun yanıtının peşinde olan biliminsanları, Dünya'nın ilk zamanlarında, suyun iki temel etkenle ortaya çıktığına inanıyorlar. Birincisi, yanardağlardan fışkıran gazlarla birlikte su buharının da çıkması ve bu su buharının bulutları, ardından da yağmuru oluşturması; ikincisi de buzlardan oluşan küçük kuyruklu yıldızların ve donmuş asteroitlerin Dünya'ya çarpmaları. O zamanlardan bugüne değin geçen yaklaşık 4 milyar yıl süresince su, Dünya'da bulunuyor. Suyun, Dünya'daki bu uzun süreli ve kalıcı varlığının en önemli nedeni de bir "su döngüsünün" olması. Su döngüsü, sürekli tekrarlanan, suyun kaybını önleyerek geri kazanımını gerçekleştiren bir sistem. Bu, bir yandan da başlangıçtan bugüne değin Dünya'da aynı suyun dolaştığı anlamına geliyor. Öyle ki, bir bakış açısına göre, dinazorların milyonlarca yıl önce içtiği suları şimdi bizim içtiğimizi düşünmek bile mümkün. Bu düşünce ne denli doğru olur, bilemeyiz, ama en basit anlamıyla su döngüsünün, su moleküllerinin Dünya ve atmosfer arasındaki gidiş gelişlerinden oluşan büyük bir sistem olduğu kesin. Bu sistem, Güneş'ten gelen enerjile harekete geçiyor ve okyanuslar, atmosfer, karalar arasında sürekli bir su buharı alışverişini gerçekleştiriyor. Araştırmalara göre, okyanuslar, akarsu ve göller, atmosferdeki suyun % 90'ını sağlıyor. Buharlaşmaya bağlı olarak bu kaynaklardan su ayrılıyor, yani su sıvı halden gaz haline dönüşerek atmosfere geçiyor. Su, yalnızca sıvı halden gaz haline geçmiyor, katı halden gaz haline de geçiyor (süblimleşme). Ancak doğadaki su döngüsü içinde buz ya da kar halinde olan suyun buharlaşması, çok az oranda gerçekleşiyor. Atmosfere geçen suyun % 10'unu da, terleme sonucunda birtakımlardan açığa çıkan su buharı oluşturuyor.

Su buharı, hava akımlarıyla atmosferin yukarıda bulunan bölümlerine taşınır. Bu bölgelerde hava sıcaklığı daha düşük olduğundan havanın su buharını tutma kapasitesi de daha düşüktür. Bunun sonucunda miktarı iyice artan su buharı bulutları oluşturacak şekilde yoğunlaşır, yani yeniden sıvı hale döner. Bu bulutlardan da yağış oluşur ve böylece su yeniden Dünya'ya döner. Su, yağış olarak Dünya'ya düştükten sonra ya hemen buharlaşarak yeniden atmosfere karışır, ya yeraltı

Su Döngüsünün Evreleri



SUSAMIŞ BİR GEZECEK



Su, insanoğluyla doğa arasında bir bağ. Yaşam açısından önemi yadsınmaz. Geçtiğimiz yüzyılda, insan nüfustaki artış ve insan etkinliklerine bağlı olarak, bu değerli kaynak da gittikçe azalmaya başladı. 1900 ve 1995 yılları arasında, dünya nüfusu üç kat arttı; buna karşılık nüfusun su gereksiniminde altı katlık artış gerçekleşti. Suya talep artıyor; ancak su kaynaklarımız da gittikçe azalıyor! Bugün, ge-

✱ Dünyanın gelişmekte olan birçok bölgesinde, kadınlar ve çocuklar evlerine su taşımak için her gün 10 - 15 kilometre yürümek zorunda.

✱ İshal ve parazit gibi suyla bulaşan hastalıklar yüzünden her gün 34.000 kişi yaşamını kaybediyor.

✱ Bir insan, hergün, içmek için 5 litre, kişisel temizliği için 25 litre suya gereksinim duyuyor.

✱ Kanada'da yaşayan ortalama bir aile, günde ortalama olarak 350 litre su tüketiyor. Afrika'da bu rakam 20 litre, Avrupa'daysa 165 litre.

✱ Bir inek, 1 litre süt üretmek için yaklaşık 4 litre su içmek zorunda.

✱ Domatesin yaklaşık % 95'i sudan oluşuyor.

✱ Dört araba tekerleği yapmak için yaklaşık 9.400 litre su kullanılıyor.

✱ Damlayan bir musluk, haftada 90 litre kadar su akıtabiliyor.

✱ Dişlerimizi fırçalarken musluğu açık bırakmak, dakikada 9 litre kadar suyun boşa gitmesine yol açabiliyor.

zegenin çeşitli bölgelerinde yaşayan yaklaşık 460 milyon insan (dünya nüfusunun % 8'i) su kıtlığı çekiyor. Dünya nüfusunun % 25'inin daha yakın bir gelecekte aynı kaderi paylaşacağı sanılıyor. Bu konuda önlemler alınmazsa, uzmanlar, 2025 yılında nüfusun üçte ikisinin değişen oranlarda su kıtlığı çekeceğini öngörüyorlar.

Suyla ilgili tek sorun kıt olması da değil. Günümüzde, tatlısu kaynaklarının kalitesindeki azalma da tehlikeli boyutlara ulaşmış durumda. Dünyanın çeşitli bölgelerinde, kirlilik düzeyleri öylesine yüksek ki, buralardaki tatlısu kaynakları endüstride bile kullanılamıyor. Bu kirliliğin, artırılmadan doğaya bırakılan lağım suları, kimyasal atıklar, yakıt sızıntıları, açıkta bırakılan çöpler, tarımda kullanılan kimyasal maddeler gibi çeşitli nedenleri var. Bu tür kirliliğin boyutlarının belirlenmesi çok güç; çünkü pek çok ülkeyle ilgili verilerde eksiklikler var. Ancak, bazı rakamlara bakılarak bu konuda bir fikir edinmek mümkün: Örneğin, gelişmekte olan birçok ülkede, atıksuların % 90'ının hiç artırılmadan doğaya bırakıldığı tahmin ediliyor. Bu durum, özellikle su talebinin büyük artış gösterdiği kentlerde kaygı uyandırıyor. Bugün, dünya üzerinde yaşayan 1 milyar kişinin temiz içme suyu bulunmuyor; 3 milyar

Su Tasarrufu Yapalım

✱ Çamaşır makinenizi, tam olarak dolmadan çalıştırmayın. Çamaşır makineleri, bir yıkamada ortalama 95 litre su harcar. Makineyi tam doldurup çalıştırmak, iki kez yarım doldurup çalıştırmaktan daha az su harcar.

✱ Günümüzde, suyu verimli kullanan çamaşır ve bulaşık makinesi modelleri üretiliyor. Bu makineler enerjiyi de tasarruflu kullanıyor.

✱ Bugün piyasada, eskilerine göre çok daha az su harcayarak etkili temizlik yapan sifon sistemleri bulunuyor. İşe, sifonunuzu değiştirerek başlayabilirsiniz. Sifonunuzu değiştirmek istemiyor, ancak, daha az su harcamasını istiyorsanız, tankın içine, su dolu bir şişe koyarak bunu sağlayabilirsiniz.

✱ Yıkarken, suyun sıcaklığını ayarlamak için soğuk suyu açmak yerine, sıcak suyu kısabilirsiniz!

✱ Yumurta kaynatmış suyu, evdeki bitkileri sulamada kullanabilirsiniz; böylece bitkiler de yumurta kabuğundan çıkan besleyici maddelerden yararlanmış olurlar.

✱ Evdeki akvaryumun suyunu değiştirirken, eski suyu da evdeki bitkileri sulamadan kullanabilirsiniz. Azot ve fosfor bakımından zengin olan bu su, iyi bir gübredir.

✱ Bahçenizi, günün en serin saatlerinde sulamaya özen gösterin, böylelikle buharlaşmayı önlemiş olursunuz.

✱ Çapalamak, bahçe bitkilerinin büyümesini sağlar, toprak yüzeyinden su kaybını azaltır; bahçe bitkilerinin su ve besinlerine ortak olan yabancı otlardan da kurtulmanızı sağlar.

✱ Çimlerin, en sıcak havalarda bile haftada bir kez sulanması yeterlidir. Fazla su, köklerin yüzeye çıkmasına ve çimlerin güçsüzleşmesine yol açar. Çimlerin, azıcık uzamasına da izin verebilirsiniz; böyle hem daha yeşil kalır, hem de daha az suya gereksinim duyar.

✱ Bahçe sulamada kullanılan fiskeyeler, suyun ziyan olmasına neden olabilir. Fiskeyeyi kısa bir süreliğine çalıştırmak, çimlerin sulanması için yeterlidir. Bir fiskeyenin bir saat çalışması, dört kişilik bir ailenin bir günlük su tüketimi kadar suyu ziyan edebilir.

kişininse kanalizasyon sistemine sahip olmadığı biliniyor.

Önümüzdeki yıllarda, insanlığın en önemli sınavlarından biri, tatlısu kaynaklarının sürdürülebilir bir biçimde yönetilip yönetilemeyeceği olacak. Bu, hem bilim ve teknoloji alanında büyük bir çabayı, hem de uluslararası işbirliğini gerektiriyor. Doğal su döngüsünün karmaşık düzeneklerinin anlaşılması, kaynakları ve kaynakların kalitesini koruma yollarının geliştirilmesi,

su kaynaklarının izlenmesi ve artırılması için en verimli yöntemlerin geliştirilmesi gibi çok çeşitli yönleri olan bir konu bu.

Bugün, tüm dünyada tüketilen suyun % 69'ı tarımda kullanılıyor. Endüstrinin payı % 23, kentlerdeki kullanımın payıysa % 8. Gelişmekte olan ülkelerde tarımın payının % 80'i bulunduğu sanılıyor. Ancak, kentlerin, endüstrinin ve turistlerin su gereksiniminin çok büyük bir hızla artacağı ve nüfusu beslemek için gittikçe daha fazla tarımsal üretime gereksinim duyulacağı öngörülüyor. Artan su gereksiniminin karşılanması, geçmişte hep teknik bir sorun olarak ele alınmıştı; örneğin daha fazla baraj, ya da tuzlu su arıtma tesisleri yapılarak bu sorunun üstesinden gelinebileceği düşünülüyordu. Bugünse, teknik çözümlerin sınırlarına dayandığı bir döneme geldik; üstelik, ekonomik ve sosyo-ekonomik nedenlerle kimi teknik çözümlerin sorgulanmaya başlandığı bir dönem bu. Barajlar buna örnek olarak gösterilebilir. Baraj yapımının önündeki engellerden biri, günümüzde baraj yapımının eskkiye göre çok daha pahalıya mal olması; çünkü en uygun yerler zaten barajlarla doldurulmuş durumda. Öte yandan, her baraj, binlerce, kimi zaman milyonlarca insanın yerinden yurdundan olmasına ve ekosistemlerin büyük zarar görmesine yol açıyor.

Kaynakların artırılması hem doğal, hem de yönetsel nedenlere bağlı olarak pek olası görülüyor. Peki, su talebindeki artış, kullandığı savurganlığın engellenmesiyle karşılanabilir mi? Örneğin, sulamada kullanılan suyun % 60'ı, sistemlerin verimsizliği nedeniyle kaybediliyor. Tatlısu kaynaklarımızı "artırmanın" en ucuz ve en verimli yolu, talebin doğru yönetilmesinden; su miktarını azaltmak ve her damlanın birden çok işleve hizmet etmesini sağlamaktan geçiyor. Özellikle kentlerde yaşayan insanlar, suyu idareli kullanmayı öğrenmek zorundalar.

Aslı Zülâl

Kaynaklar
http://www.unesco.org/water/
http://www.worldwatercouncil.org/

Nereye Ne Kadar Harcıyoruz?

Sayılarla Su

Suyun hayat olduğunu, su olmadan hiçbir işimizin yürümeyeceğini söylüyoruz. Peki ne kadar suya gereksinimimiz olduğunu biliyor muyuz? Kişiler söz konusu olduğunda sayıları litreler bazında ifade edebiliriz. Oysa ulusal ya da uluslararası ölçeklere çıktığımızda durum daha da karmaşıklaşıyor. Dünyadaki toplam su miktarı 1,4 milyar km^3 . Bu suların % 97,5'u okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su olarak, % 2,5'u ise nehir ve göllerde tatlısu olarak bulunuyor. Bu kadar az olan tatlı su kaynaklarının da % 90'ıysa kutuplarda ve yeraltında hapsedilmiş olarak bulunuyor. Bütün bunlar düşünüldüğünde kolaylıkla ulaşabileceğimiz tatlısu kaynaklarının ne kadar az olduğunu görüyoruz.

Türkiye'ye su kaynakları bakımından bölgedeki ülkelere göre şanslı sayılıyor. Türkiye'de yıllık ortalama yağış, DSİ istatistiklerine göre metrekareye yaklaşık 643 mm olarak hesaplanıyor, bu da yılda ortalama 501 milyar m^3 su demek. Bu suyun 274 milyar m^3 'ü toprak ve su yüzeyleriyle bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönüyor, 69 milyar m^3 'lük kısmı yer altı sularını besliyor, 158 milyar m^3 'lük kısmıysa akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular yoluyla denizlere ve kapalı havzalardaki göl-

lere boşalıyor. Yer altı suyunu besleyen 69 milyar m^3 'lük suyun 28 milyar m^3 'ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü suyuna yeniden katılıyor. Ayrıca, komşu ülkelere gelen yılda ortalama 7 milyar m^3 su bulunuyor. Böylece ülkemizin brüt yerüstü suyu potansiyeli 193 (158+28+7) milyar m^3 olarak hesaplanıyor.

Dünyada suyun kullanım alanı genel olarak üç ana başlık altında toplanıyor: Endüstride, tarımda ve evlerde kişisel kullanımda. Bu alanlarda günümüze dek su kullanımı ve gelecek için yapılan tahminler UNESCO kayıtlarına göre tablodaki gibi.

Suyu yalnızca içerek ya da sulama yaparken olduğu gibi doğrudan kullanmıyoruz. Yiyecek ve içeceklerimiz için de üretim aşamalarında tahmin edemeyeceğimiz ölçüde su harcanıyor. Bir fincan kahve için 140 litre su harcanması gerekiyor. Benzer biçimde, 1 litre süt için 800, 1 kg buğday için 1100, 1 kg pirinç için 2300, 1 kg mısır için 900 litre su gerekiyor. Bunların yanında bir kilo biftek üretimi için harcanan su, 22 ton.

Gökhan Tok

Kaynaklar
http://www.gdrc.org/uem/footprints/water-footprint.html
http://www.unesco.org/water/wwap/targets/index.shtml
http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/part3/_Readme.html
http://www.dsi.gov.tr

	1900	1950	1980	1990	2000	2025	2050
Nüfus (milyon)	2000	2542	4410	5285	6181	8000	9200
Sulanan alanlar M ha	47,3	101	198	243	264	307	331
Tarım için su nakli $\text{km}^3/\text{yıl}$	513	1080	2112	2425	2605	3053	3283
Tarımda su tüketimi $\text{km}^3/\text{yıl}$	321	722	1445	1691	1843	2143	2309
Su nakli/su tüketimi oranları	63%	67%	68%	70%	70%	70%	70%
Evler için su nakli $\text{km}^3/\text{yıl}$	21,5	86,7	219	305	384	522	618
Evde su tüketimi $\text{km}^3/\text{yıl}$	4,6	16,7	38,3	45	52,8	73,6	86,4
Su nakli/tüketim oranları	21%	19%	17%	15%	14%	14%	14%
Endüstri için su nakli $\text{km}^3/\text{yıl}$	44	204	713	735	776	834	875
Endüstride su tüketimi $\text{km}^3/\text{yıl}$	5	19	71	79	88	104	116
Su nakli/tüketim oranları	11%	9%	10%	11%	11%	13%	13%
Depodan buharlaşma km^3	0,3	11,1	131	167	208	302	362
Toplam su nakli $\text{km}^3/\text{yıl}$	579	1382	3175	3632	3973	4710	5138
Toplam su tüketimi $\text{km}^3/\text{yıl}$	330	758	1554	1815	1975	2321	2511



SUYUN KALİTESİ

Sulama suları, kaynakları neresi olursa olsun, temas halinde oldukları kayalardan ve topraktan eriyerek bün-yelerine karışan bir kısım elementleri, mineralleri ve tuzları içerebiliyorlar. Suyun berraklığı, tadı, kokusu, kısaca-sı “suyun kalitesi”, bu maddelerin su içindeki bileşimi ve derişimine göre belirleniyor.

Sulama yapılacak olan arazide, yağış, sıcaklık ve buharlaşma oranı gibi iklimsel koşulların yanında, toprağın belirli özelliklerine de bağlı olarak, suyun içerisinde erimiş halde bulunan maddelerin farklı oranlarda toprağa karışması söz konusu. Sulama suyunun elektriksel geçirgenliği ve pH değeri de dahil olmak üzere, toprak üzerinde meydana gelebilecek olası olumsuz etkilerin engellenebilmesi için, kullanım öncesinde sulama sularının kalite değerlendirmesinin yapılması şart.

Sulama sularında kalite belirlenmesinde en önemli sayılan 4 ölçüt şunlar:

1) Eriyebilir tuzların toplam derişimi

2) Sodyum katyonunun, diğer katyonlara oranı

3) Bor ve zehirli özellik taşıyabilecek benzeri elementlerin derişimi

4) Bikarbonat derişiminin, kalsiyum ve magnezyum derişimi ve diğer karbonatların derişimiyle olan dengesi.

Eriyebilir tuzlardan kasıt, suda doğal olarak erimiş halde bulunan sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi katyonlarla; klor, sülfat, karbonat ve hidrokarbonat gibi anyonlar; ve çok az miktarda bulunan flor, nitrat, fosfatlar, bor, demir, manganez, silisyum ve diğer mineraller. Bu tuzlar, suyun kimyasal özelliklerini değiştire-



rek ozmotik basıncını artırıyor. Bazıları da bitkiler üzerinde doğrudan zehir etkisi yapabiliyor ya da toprağın fiziksel ya da kimyasal özelliklerini bozabiliyor. Örneğin, eriyebilir tuzların toplam derişimi 2000 ppm'i geçerse, bitkiler ciddi oranda hasar görebiliyor. Farklı bölgelerde tuzluluk oranına göre farklı sınıflandırma çizelgeleri tutulsa da, en fazla kabul gören 5 gruplu çizelge, aşağıdaki gibi:

Eriyebilir Tuzların Toplam Derişimi (ppm)	Sınıf	Nitelik
< 175	I.	Çok iyi
175 - 525	II.	İyi
525 - 1400	III.	İzin verilebilir
1400 - 2100	IV.	Sakıncalı
> 2100	V.	Kullanılamaz

Sulama sularındaki tuzluluk oranı, aynı zamanda suyun elektriksel geçirgenliğinin (EC) de doğal bir sonucu. Bazı sulara ait değerlendirme etiketleri üzerinde görebileceğimiz harf ve rakamlar, aslında suyun EC değerine göre saptanan tuzluluk oranlarını gösteriyor. Buna göre:

Sınıf	Nitelik	EC x 10 ⁶ (micromho/cm)
C.1	Az tuzlu	0 - 250
C.2	Orta tuzlu	250 - 750
C.3	Fazla tuzlu	750 - 2250
C.4	Çok fazla tuzlu	2250 - 5000

Tuzluluk oranını belirleyen katyonların arasında belki de en önemlisi, sodyum. Bunun nedeni, sodyumun toprak tarafından büyük ölçüde tutulması ve bu durumun da toprağın fiziksel ve kimyasal yapısında ciddi değişikliklere yol açabilmesi. Sodyuma doymuş olan toprakların hava ve su geçirgenliği azalıyor, toprak pH'sı zararlı kabul edilebilecek kadar alkali seviyelere yükseliyor, bitkilerin topraktan besin maddelerini ve suyu alması da, topraktaki miktar yeterli ya da yüksek olsa bile zorlaşıyor. Tüm bu nedenlerden ötürü, sulama suyu içindeki sodyum düzeyinin ve bu düzeyin diğer katyonların toplam düzeyine oranının, su kalitesi açısından önemi çok büyük. Suyun içeriğindeki sodyum oranı da, düşükten yükseğe doğru S1, S2, S3 ve S4 olarak tanımlanıyor.

Deniz Candaş

Kaynak
Yrd.Doç.Dr.HüseyinTuncay, 1994. Su Kalitesi. Ege Üni.Ziraat
Fakültesi Yayınları No: 512

SU VE SAĞLIĞIMIZ

Su, besleyici özelliği olmadığı halde, günlük beslenmemizin çok önemli bir parçası. Büyüme ve vücudumuzun bakımı için ona gereksinim duyuyoruz. Çünkü vücudumuzda gerçekleşen çok sayıda biyolojik işlemde suyun önemli görevi var. Hücre yapısını koruma, vücudumuzdaki kimyasal reaksiyonların gerçekleşebilmesi için bir çözücü oluşturma, besin ve oksijen taşıma, toksinlerden ve atık maddelerden kurtulmamızı sağlama bu görevlerden bazıları. Ayrıca, sindirime ve eklemelerin işleyişine, zayıflamaya, cilt güzelliğine ve yaşlanma izlerini geciktirmeye de yardımcı oluyor.

Su, aynı zamanda, vücudumuzun temel bileşenlerinden biri ve toplam vücut ağırlığımızın % 50 - 60'ını oluşturuyor. Kesin miktar yaşa, cinsiyete ve vücuttaki yağ miktarına göre değişiyor. Erkeklerde bu oran % 60'lardayken, kadınlarda % 52'lere düşüyor. Çünkü kadınlarda daha fazla yağ bulunuyor. Vücudumuzdaki bu suyun üçte biri hücrelerin dışında, üçte ikisi de hücrelerin içinde yer alıyor. Bu sular, su için tümüyle geçirgen olan hücre zarıyla ayrılıyor.

Vücudumuz gereksinim duyduğu suyu üç kaynaktan sağlıyor. Su ve diğer içeceklerden ve meyve ve sebzeler başta olmak üzere katı gıdalardan alınan su, ana kaynağımızı oluşturuyor. Diğer kaynak, normal vücut metabolizmasının ürünü olan metabolik su. Bu su, karbonhidrat, yağ, protein gibi besin maddelerinin oksidasyonu sonucu yan ürün olarak ortaya çıkıyor. Örneğin 1 gr karbonhidrat 0,60 gr su, 1 gr protein 0,41 gr su, 1 gr yağ 1,07 gr su sağlıyor.

Su vücudumuzdan idrar ve dışkı dışında buharlaşmayla cildimizden ve akciğerlerimizden atılıyor. Deri ve akciğerlerimizden atılan su hissedilmeyen su kaybı olarak değerlendiriliyor ve bu kayıp yüksek sıcaklıklarda, yüksek rakımlarda ve kuru havalarda artıyor. Gözle görülür terleme olmadığı zamanlarda bile, su kaybının yaklaşık yarısı akciğerlerden ve deriden oluyor. Sıcak havalarda terleme oranı saatte 2500 ml gibi yüksek değerlere çıkabilir; Ancak, 500 ml/s su kaybı normal karşılanabilirken ortalama değer 300 ml/s kabul ediliyor.

Vücudumuzdan atılan suyun yerini tekrar doldurmamız gerekir. Oysa pek çok insan bunu yapmaz ve baş ağrısı, yorgunluk, sinirlilik, konsantrasyon bozukluğu, öğrenme zorluğu gibi belirtileri olan su kaybına uğrar. Kronik su kaybı, kabızlık, idrar yolları enfeksiyonu ve böbrek taşı oluşumu gibi sağlık sorunlarına neden olur. Pek çok insansa farkına varmadan su kaybına uğrar. Çünkü, yeterli miktarda su içmemenin yanı sıra, kahve, kola ve alkol gibi idrar söktürücü özelliği olan kafeinli içeceklerden çok fazla tüketmek, sebze ve meyve ağırlıklı beslenmemek, havalandırmaya ve elektrikli aletlerin etkisiyle kuruyan ofis gibi ortamlarda uzun süre kalmak da su kaybına neden oluyor.

Günlük Su Gereksinimi

Tüm insanlar için genel bir günlük su gereksinimi miktarı belirlemek zor. Çünkü, bu gereksinimi belirleyen pek çok etken var. Cinsiyet, yaş, ki-



İnsan vücudunun %70'i sudan oluşmaktadır.

lo, vücuttaki yağ miktarı, hava sıcaklığı, fiziksel etkinlik miktarı, su dışında tüketilen içeceklerin miktarı, yenilen besinlerin türü, hamilelik ve emzirme, bu gereksinimimizi azaltan ya da artıran etkenlerden. Yine de pratik olması açısından, enerji harcama ve iklim koşulları bakımında ortalama koşullarda yaşayan yetişkinlerde, harcanan her 1 kcal enerji için 1 ml su tüketilmesi gerektiği söyleniyor. Bu hesaba göre ortalama bir yetişkinin günde 2,5 litre su tüketmesi gerekiyor. Bu miktarın da 1.8 litresinin doğrudan içeceklerle alınması gerekiyor. Çünkü, tüm içeceklerin ana bileşeni su olmasına karşın, kaybedilen sıvının yerine konması için en etkili içecek sade su. Elbette, bu miktarın sıcak günlerde ve fiziksel etkinlik sırasında ve sonrasında artırılması gerekiyor.

Yetişkinlerde günlük su devri toplam vücut ağırlığının yaklaşık % 4'ünü oluşturuyor. Vücudun gereksinim duyduğu miktar, fark edilmeyen kayıpları da dengelemek için gerekli olan miktardır. Bu gereksinim özellikle iklim koşullarına göre belirgin biçimde değişiklik gösterir. Su kaybını belirleyen diğer etkenler, böbreklerin atık ürünleri vücuttan çıkartmak için gereksinim duyduğu miktardır. Bu da beslenme alışkanlığına göre değişiklik gösterir.

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre, ortalama koşullarda yetişkin kadınların 2,2 lt, yetişkin erkeklerin 2,9 lt; yüksek sıcaklıklarda çalışan yetişkin kadın ve erkeklerin 4,5 lt; hamilelerin 4,8 lt, emziren kadınların 5,5 lt su tüketmesi gerekiyor.

Hamilelikte daha fazla suya gereksinim duyulması, hücrelerin dışındaki sıvı bölgesinin artmasından ve fetusun ve amniyotik sıvının gereksinimlerinden kaynaklanıyor. Anne karnında bebeği çevreleyen amniyotik sıvının çok az olması durumunda, bebeğin aldığı besin ve oksijen miktarı azalıyor ve bebek doğum pozisyonunu alamıyor. Bu durum annede de bazı sıkıntılara yol açabiliyor. Bebeğin ultrasonda görüntülenmesi zorlaşa-

biliyor ve erken evre hamileliklerde bebeğin akciğer gelişimi olumsuz etkilenebiliyor. Tüm bunlar, annenin yeterli su tüketmesiyle engellenebiliyor. Emziren annelerin de, hem kendi sağlıkları için hem de süt oluşumu için, bebeklerine verdikleri sütle kaybettikleri sıvının yerini doldurmaları gerekiyor.

Bebekler ve çocuklara yetişkinlere göre bu harlaşma yoluyla daha fazla su kaybediyorlar. Ayrıca, vücutlarındaki su oranının daha fazla, su devir oranlarının daha yüksek, terleme sistemlerinin daha az gelişmiş ve böbreklerinin büyüme için gerekli olan büyük miktarlardaki proteinleri tutma kapasitesinin sınırlı olması, çocukların daha kolay su kaybına uğramasına neden oluyor. Ancak, anne sütüyle beslenen bebeklere katı gıdalara geçene kadar su verilmesi gerekiyor.

51 yaş ve üzeri insanlardaysa, erkekler için 3 litresi içeceklerden olmak üzere günde 3,7 lt, kadınlar için de 2,2 litresi içeceklerden olmak üzere toplam 2,7 lt su tüketilmesi gerektiği belirtiliyor. Ancak bu değerler günde 60 dak ılımlı egzersiz yapan ve yaklaşık 2200 kcal'lık bir diyet uygulayanlar için geçerli. Aktif olmayan ve ılıman iklimlerde yaşayan yaşlıların su gereksinimi günlük 1 - 3,1 lt arasında değişebiliyor. Ancak, yaşlı insanlar, hormon düzeylerindeki değişiklikler, böbrek işlevlerindeki azalmalar gibi fizyolojik değişiklikler nedeniyle su kaybına daha yatkın oluyorlar. Ayrıca yaşlanmayla birlikte vücuttaki toplam su miktarında da azalma oluyor. Örneğin, genç bir yetişkin erkekte % 60'larda olan toplam su düzeyi, 80'li yaşlarda % 50'lere iniyor. Ancak, bu fizyolojik değişikliklere karşın normal koşullarda vücut sıvı dengesi genelde korunabiliyor. Sorunlar genelde çeşitli hastalıklar ve bunların tedavilerinin etkileriyle ortaya çıkıyor. Örneğin Alzheimer hastaları, "susama" tepkisinin kaybolmasından dolayı su kaybı riskine daha yatkın oluyorlar. Yaşlanmayla birlikte artan, kırıklarla sonuçlanabilen ve ölümlere neden olabilen düşme etkenlerinden biri de su kaybı. Yaşlılarda su kaybı belirtileri genelde normal yaşlanma sürecinin etkilerinden dolayı yanlış yorumlanabiliyor. Sonuç olarak, kişi idrar yolları enfeksiyonu gibi başka bir hastalığa yakalanmadığı sürece, su kaybına uğradığı anlaşılmayabiliyor.

Suyun tüm bu yararlarına karşın aşırı fazlası da öldürücü olabiliyor. Suyun çok aşırı tüketildiği nadir vakalarda kandaki tuz seviyesi azalıyor ve beyin şişmesine neden oluyor. Bu da baş dönmesi, baş ağrısı, mide bulantısı, zihin karışıklığına yol açarken koma ve ölümle de sonuçlanabiliyor. Neyse ki bu tablo ancak birkaç saat içinde 20 litre ya da daha fazla su içmekle oluşuyor. Bu, çoğu insanın istese bile içemeyeceği bir miktardır. Vücutlarındaki fazla suyu idrarlarıyla atamayan kronik hasta kişiler bu durum karşısında daha korunmasız olsalar da, su zehirlenmelerine çok nadir rastlanıyor.

Meltem Yenal Coşkun

Kaynaklar:
<http://www.bbc.co.uk/health>
<http://www.water.org.uk/home/water-for-health/ask-about>

İÇTİĞİMİZ SU



İçme suyu, yüksek düzeylerde bulunduğunda sağlık için tehlikeli olabilecek bir dizi kimyasal, mikrobik ve fiziksel kirleticiler içerir. Kurşun, arsenik, benzen gibi maddeler kimyasal kirleticilerdendir. Mikrobik kirleticileri bakteri, virüs ve parazitler oluşturur. Koleraya neden olan bakteri *Vibrio cholerae*, hepatit A virüsü ve bir tür mikroskopik parazit olan *Cryptosporidium parvum* bunlara örnek gösterilebilir. Cam kırıkları ve metal parçaları da fiziksel tehlikelere örnek gösterilebilir. Ayrıca, yaşamımızı kolaylaştırdıklarını düşündüğümüz insan yapımı kimyasalları da unutmamak gerek. Aerosoller, yapay tatlandırıcılar, kozmetik ürünler, her türlü boya, böcek ilaçları, ilaçlar, plastikler, dondurucu maddeler ve sentetik kumaşlar, tatlı su kaynaklarımıza karışarak sağlığımızı tehlikeye sokan binlerce insan yapımı kimyasaldan bir kaçısı yalnızca.

İçme suyunda bulunabilecek olası tehlikelerin sayısı çok fazla olduğundan, içme suyu standartlarını belirlemek önemli kaynak ve deneyim gerektiriyor. Bu da pek çok ülkenin altından kalkamayacağı bir yük. Bu yüzden, Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) yayımladığı İçme Suyu Kalitesi Yönergeleri'ni pek çok ülke kendi standartlarını oluşturmak için temel alıyor.

Musluk Suları

Musluklardan akan suyun kalitesi ve güvenilirliği, su kaynağının durumuna ve buradan gelen suya uygulanan işlemlere göre değişiklik gösterir. Doğal saf su diye bir şey yoktur. Doğada bulunan tüm sular bazı kirleticiler içerir. Suda bulunan bazı kirleticilerin düzeyi yıl boyunca sabit kalırken, bazılarının düzeyi mevsime ve havaya göre ya da evden eve değişiklik gösterir. Örneğin kurşun, evlerde bulunan kurşun boru ve lehimlerden suya karışır. Su, akarsulardan akarken, göllerde beklerken ya da toprak ve kaya katmanlarından geçerken geçtiği maddeleri eritir ve kendine katar. Bu maddelerden bazıları zararsızdır. Aslında bazı insanlar, bu mineraller suya hoş bir lezzet kattığından mineralli suları tercih ederler. Ancak, belli bir düzeyden sonra sonra bu mineraller tıpkı insan yapımı kimyasallar gibi kirleticisi sınıfına girerler ve hatta suyu insan sağlığı için tehlikeli hale getirirler.

Musluk Suyu Nasıl İşlem Görür?

Akarsulardan ya da göllerden alınan su, toz toprağın yanı sıra yaprak parçaları, çeşitli organik maddeler ve eser miktarlarda çeşitli kirleticiler içerir. Bu suya genelde koagülant denen

pıhtılaştırıcı kimyasallar eklenir. Bu maddeler sayesinde tanklara doğru çok yavaş bir biçimde akıtılan sudaki pislikler ve diğer kirleticiler, yığınlar oluşturarak dibe çöker. Genelde üstte kalan su, virüs gibi daha küçük kirleticilerden arındırılmak üzere filtreden geçirilir. Daha sonra da, klor eklenerek ya da diğer dezenfeksiyon yöntemleri uygulanarak, filtreden geçmeyi başarmış bakteri ya da mikroorganizmaların ölmesi sağlanır. Dezenfeksiyonun gerçekleşmesi için kapalı tanklarda ya da havuzlarda bekletilen bu su, borularla evlerimize, iş yerlerimize ulaşır. Bu işlemler su kaynağının yerine ve kalitesine göre bölgeden bölgeye değişebilir. Örneğin yeraltı suları, genelde göl ya da akarsu kaynaklarına göre daha az işleminden geçirilir. Çünkü, çoğu yeraltı suyu toprak katmanları arasından geçerken doğal yollardan filtre olur. Bu yüzden de yüzey sularına göre çok daha az kirleticisi içerir ve işlemlerin bir kısmını, hatta hiçbirini uygulamak gerekmez. Organik kimyasallarla kirlenmiş sularsa, suda çözünmüş kimyasalları tutabilen aktif karbonla işlenir.

Musluk Sularının Evlerde İşlenmesi

Çoğu insan, pahalı şişe sularını tüketmek yerine, evde kullanım için üretilen su arıtma üniteleriyle musluk suyunun tadını güzelleştirme ve/veya suyla taşınan hastalıklara karşı fazladan güvenlik sağlama yolunu tercih eder. Ancak, genelde tek bir ünite her çeşit içme suyu kirleticisini yok edeme-



yeceğinden, hangi tip arıtıcının uygun olduğuna, gereksinimlere göre karar vermek gerekiyor. Bunlar arasında, fiyatları yüzlerce doları bulan, suyu çeşitli kirletici türlerinden arındırmak için ters geçişme gibi gelişmiş teknolojilerden birkaçını birinden bünyesinde barındıran üniteler de var, tanecikli aktif karbon ve reçineyle kirleticileri yakalayan sürühi şeklinde tasarlanmış son derece basitleri de. Önemli noktalardan biri, özellikle çocuklar ve bağışıklık sistemi zayıflamış hastalar için kullanılması planlanıyorsa, üreticinin önerdiği çalıştırma ve bakım talimatlarına uyulması. Örneğin, aktif karbon filtreler belli miktarda suyu filtre etmek üzere tasarlanıyorlar. Bu süreden sonra filtreler tıkanıyor ve etkileri kalmıyor. Bu yüzden de filtrelerin düzenli aralıklarla değiştirilmesi gerekiyor.

Filtre ünitelerinin genelde mutfak musluklarına monte edilen türleri kullanılıyor; ancak, eve giren tüm suyun filtre edilebilmesi için, gelen su hattına monte edilebilen türleri de mevcut. Bu türler, genelde deri teması ya da solumanın bile sağlığa zararlı olduğu durumlarda tercih ediliyorlar ve kirleticilerin derişimini azaltarak, renk, koku gibi estetik sorunlara da çözüm sağlayabiliyorlar. Örneğin, radon gibi dezenfeksiyon yan ürünleri, bazı organik kimyasallar kolayca gaz haline dönüşebiliyor ve duş alırken bulunduğunda sağlık riski oluşturabiliyorlar.

Kirleticiler ve Sağlığımız

Dünya Sağlık Örgütü, dünya genelindeki hastalıkların yaklaşık % 6'sının kirli sulardan kaynaklandığını tahmin ediyor. Bunlar arasında bulaşıcı ishal % 70'le en büyük yüzdeyi oluşturuyor ve yılda 1,7 milyon insanın ölümüne neden oluyor. Bu bağlamda, "Birleşmiş Milletler Milenyum Gelişme Hedefleri"nden biri, 2015 yılına kadar, güvenli içme suyuna ulaşamayan insanların sayısını yarıya



indirmek. Neden olduğu hastalıklar ve ölümlere dayanarak, güvenli su ve uygun sağlık koşulları sağlamak, Avrupa bölgesinde de, çocuk sağlığıyla ilgili dört öncelikten birini oluşturuyor.

Amerikan Çevre Koruma Dairesi (EPA) da, çocuklar gibi savunmasız grupların da sağlığını koruyacak biçimde, içme suyunda bulunabilecek insan sağlığına zararlı yaklaşık 90 kirletici için standart oluşturmuş. Bu kirleticiler, neden oldukları sağlık sorunu etkilerine göre iki gruba ayrılıyor.

Akut etkiler, kişiler bu kirleticileri tükettikten birkaç saat ya da gün içinde oluşuyor. Neredeyse tüm kirleticiler, aşırı yüksek düzeylerde maruz kaldığında ciddi sağlık sorunlarına neden oluyor. İçme suyundaki bakteri ve virüs gibi mikroplar, akut sağlık sorunlarına neden olabilecek yüksek düzeylere ulaşma olasılığı en fazla olan kirleticiler. Pek çok insanın bedeni mikrobik kirleticilerle savaştıkça kadar kuvvetli olup, kalıcı etkiler oluşmasını engelse de, bu mikroplar pek çok insanı da hasta etmeye yetiyor ve çeşitli nedenlerden bağışıklık sistemi zayıflamış kişiler için son derece tehlikeli ve öldürücü olabiliyor.

Kronik etkilerse, yıllar boyu belirlenen standartların üzerindeki kirleticileri tükettikten sonra oluşuyor. Kronik etkilere sahip içme suyu kirleticilerini, dezenfeksiyon yan ürünleri olan çözücüler ve böcek ilacı gibi kimyasallar, radyum gibi radyonüklidler ve arsenik gibi mineraller oluşturuyor. Kanseri,

Su Terimleri

Şişe sularının etiketlerinde, genelde suyun özelliğini, kaynağını ve tabi tutulduğu işlemleri tanımlayan terimler kullanılıyor.

Kaynak suyu, artezyen suyu, kuyu suyu: Yeraltındaki su yatağı ya da tabakalarından elde edilen bu sular işlem görmüş ya da görmemiş olabiliyor. Kuyu ve artezyen suları mekanik pompalarla, derinliği, su miktarı ve kalitesi değişebilen kapalı bir akiferden çekiliyor. Kuyu suları tipik olarak bazı işlemlerden geçirilerek yumuşatılıyor. Kaynak suları, doğal yollardan yüzeye çıktığı yerden ya da bir sondaj yardımıyla toplanıyor.

Damıtılmış su: Kaynayan suyun buharının yeniden sıvılaştırılmasıyla elde ediliyor. Ancak damıtma işlemiyle suyun içindeki mikroplar ölürken, doğal minerallerle birlikte tadı da kayboluyor.

İçme suyu: İnsan tüketimi için şişe ya da benzer kaplarda yalıtılmış, güvenli ve uygun miktarlarda dezenfektanlar dışında başka madde içermeyen sulara deniyor.

Mineralli su: Doğal olarak içerdiği toplam çözünmüş katı madde miktarı milyonda 250 ve daha üstü parçacık olan ve korunmuş bir yeraltı kaynağından gelen sulara deniyor. Mineralli sulara tadını ve şifa verici özelliklerini, içlerindeki mineraller ve erimiş halde bulunan diğer maddeler veriyor. Çeşitli tuzlar, sülfür bileşikleri ve gazlar suda çözünebilen maddeler arasında. Genelde köpüren nitelikteki bu sular, doğal yollardan oluşabildiği gibi, tesislerde de üretiliyor.

Saf su: Denizler dahil herhangi bir kaynaktan temin edilen, ancak, içindeki tüm kimyasallardan arındırılacak biçimde işlem gören sulara deniyor. Saf suyun, mikroplardan da arınması için, damıtma ya da ters geçişme işlemlerinden de geçirilmesi gerekiyor.

Steril su: Herhangi bir kaynaktan alınan, ancak, her tür mikroptan arınacak biçimde işlem gören sulara deniyor.

karaciğer, böbrek ve üreme sorunları bu kronik etkilere örnek gösterilebilir.

Şişe Suları

Şişe suları genelde musluk sularından daha güvenilir olduğu düşüncesiyle ya da tadı daha iyi olduğu için tüketilir. Ancak, şişe sularının ille de musluk suyundan daha güvenilir olduğu gibi bir yanılgıya düşmek gerekiyor. Musluk suları da belirlenen standartlara uydukları sürece güvenliler. Musluk suyunun tadı bölgeden bölgeye nasıl değişiyorsa aynı şekilde, şişe sularının tadı ve kalitesi de markasına göre hatta markaların kendi içinde bile değişiklik gösteriyor. Bu





değişiklikler de yine su kaynağının kalitesine, mineral içeriğine ve gördüğü işlemlere bağlı. Şişe sularının da en azından küçük miktarlarda kirletici içermesi, beklenen bir şey. Örneğin kaynak sularında bulunan magnezyum ve kalsiyum gibi mineraller suya farklı bir tat veriyorlar ve vücudumuz için de gerekli. Ancak, yüksek miktarlarda olduklarında bu gibi mineraller de hastalıklara yol açabiliyor.

Çoğu şişe suyu yeraltı su kaynaklarından alınıyor. Bu kaynaklardaki suyun kalitesi günden güne daha az değişiklik gösteriyor ve işlem gördükten sonra hemen şişeleniyor. Bu yüzden, şişe suları musluk suyuna göre daha istikrarlı bir tada sahip oluyor. Musluk suyuyla şişe suları arasındaki tat farklılığı; suyun dezenfekte edilmiş şeklinden kaynaklanıyor. Sular klor, kloramin, ozon ya da morötesi ışın kullanılarak hastalık yapıcı mikroplardan arındırılıyor. Musluk suyu için, genelde etkili ve ucuz olduğundan klor ve kloramin tercih ediliyor. Ayrıca, bu maddeler sayesinde, suyun borular içindeki yolculuğu sırasında dezenfekte işlemi de devam ediyor. Şişe sularındaysa genelde ozon tercih ediliyor. Çünkü, ozon herhangi bir tat bırakmıyor ve su şişelerin içinde yalıtılmış olduğundan, üreticilerin sudaki dezenfeksiyon işlemini sürdürmek gibi bir endişeleri olmuyor. Bazı şişe suları musluk sularına göre daha fazla işlemden geçirilirken, çoğunluğu daha az işlemden geçiriliyor, hatta bazılarında hiç bir işlem uygulanmıyor.

Şişe suları elbette musluk suyundan daha pahalı. Bu nedenle, verilen

para karşılığında gerçekten sağlıklı bir suya ulaşmış olmamız önemli bir konu. Çünkü, tadının güzelliği bizleri yanıltıyor olabilir. Örneğin yüksek kaliteli şişe suyu, bağışıklık sistemi zayıflamış kişilerde daha çok tercih edilen bir seçenek olabiliyor ve bunun için de suyun belli işlemlerden geçmiş olması gerekebiliyor. Aldığımız şişe suları hakkında daha fazla bilgi edinmek için en iyi yol etiketinde yazılanlara dikkat etmek ve üretici firmayla doğrudan bağlantı kurmak.

Ülkemizde de şişe sularının satışa sunulmadan önce test edilmesi ve bazı standartlara uyması gerekiyor. Örneğin göl ve akarsu gibi yüzey sularıyla kuyu sularının satışı ülkemizde yasak. Fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik özellikleri ve radyoaktivite miktarları uygun olan suların da, izin verilmiş ambalajlar dışında satışı yasaklanmış. Doğrudan kaynağından alınan su, Sağlık Bakanlığı'nın belirlediği standartlara uygun bulunursa, yine belli stan-



dartlara göre bu bölgeye tesis kuruluyor. Kapların malzemesi, yıkanması, doldurulması, kapaklanması ve kullanılan etiketlerde hep belli standartlara uyulması gerekiyor. Örneğin, etiketlerde suyun adı, cinsi, imal edildiği yerin adresi, Bakanlıkça verilen izin tarihi ve sayısı, gün, ay, yıl olarak imal ve son kullanma tarihleri, parti ve seri numaraları, Bakanlığın uygun gördüğü uyarılar, dezenfeksiyon gibi Bakanlığın izniyle suya uygulanan işlemler ve suyun sahip olduğu özelliklerin yer alması gerekiyor. Suyun adının mutlaka kapakta da yazması gerekiyor. Tüketicinin yanıltılmasını önlemek ve ürün güvenliğini sağlamak için, kap ve kapak arası, su ve hava sızdırmayacak biçimde kapatılarak, üzerinde suyun adı ve cinsinin yazdığı güvenlik şeridiyle örtülmesi gerekiyor. Etiket zeminindeyse, doğal kaynak sularında mavi ve tonları, içme sularında sarı ve tonları, işlenmiş içme sularındaysa kahverengi ve tonlarının kullanılması gerekiyor. Bantların genişliği ve suyun cinsini belirten yazıların puntoları da belli standartlara bağlanmış. Sulara herhangi bir işlem uygulanarak kaynağındaki fiziksel ve kimyasal niteliklerinin değiştirilmemesiye esas alınmış. Ancak, deprem, sel gibi doğal afetlerde Bakanlığın özel izniyle ve uygun göreceği yöntem ve tekniklerle filtrasyon ve diğer işlemler uygulanabiliyor.

Sağlık Bakanlığı'nın denetimlerinin yanı sıra, uluslararası kuruluşlardan alınan belgeler de şişe sularının güvenilirliğini artırıyor. Örneğin, Uluslararası Şişe Suyu Birliği (IBWA) ve Ulusal Sağlık Koruma Vakfı (NSF), şişe suyu üreticilerini yıllık denetimlerden geçiriyorlar. IBWA'ya üye olan şirketler, kuruluşun standartlarına uymak zorundalar. NSF'ye habersiz yaptığı denetimler sonucu, şirketlere, Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi FDA'nın şişe suları için belirlediği tüm standartlara uyduğunu gösteren bir belge veriyor. Şirketler IBWA üyeliklerini ve NSF onayına sahip olduklarını genelde etiketlerinde belirtiyorlar.

Hangisi Daha İyi

Dünya Sağlık Örgütü'nün yönergelerini şişe sularına uygularken, bazı faktörler boru dağıtım sistemine göre çok daha kolayca kontrol edilebiliyor.

Örneğin, arsenik ve florür gibi kendiliğinden oluşan sağlığa zararlı bazı maddeler için kesin standartlar daha kolay elde edilebiliyor.

Buna karşılık, şişe sularında da başka maddelerin dizginlenmesi zor oluyor. Çünkü şişe suları uzun süreler boyunca yüksek sıcaklıklarda depolanabiliyor. Bu yüzden de şişe suyu kaplarında ve kapatma malzemelerinde kullanılan malzemenin kontrolü başka bir endişe nedeni. Ayrıca, halk sağlığı için normalde çok az ya da hiç önemi olmayan bazı mikroorganizmalar şişe sularında yüksek düzeylere ulaşabiliyor. Bu artış, plastik kaplarda, cam kaplara göre; gazsız sulardaysa gazlı sulara göre daha çok görülüyor.

Musluk suyunun kalitesi kaynağından tüketim yerine ulaşıncaya kadar değişebilirken, standartlara uygun üretilmiş ve depolanmış şişe sularında böyle bir sorun olmuyor. Suyun uzun süre temiz kalmasını sağlayan dezenfektanlara genelde yalnızca musluk sularına ekleniyor. Ancak, musluk suyu, dezenfeksiyondan da kaynaklanan zararlı maddeler içerebiliyor; şişe sularındaysa genelde katkı maddesi olmadığından böyle bir sorun da yok. Ama, bu yüzden şişe sularını temizlik maddesi, boya, benzin gibi buharlaşabilen kimyasalların yanı sıra doğrudan güneş ışığından uzak tutmak gerekiyor. Musluk suyunda boru ve tesisat giderleri; şişe suyu içinse şişeleme ve nakil giderleri önem taşıyor. Musluk suyu üretimi daha az malzeme gerektiriyor ve doğadaki suyun kullanılabilir hale getirilmesiyle çevreye yarar sağlarken, şişe suyu üretiminde yeni şişelerin üretimi ve kullanılmışların yok edilmesi aşamalarında çevreye zehirli kimyasallar salınıyor.

Özel Sağlık Sorunları ve Su

HIV virüsü taşıyan, kemoterapi gören ve organ nakli yapılmış kişilerin ya da başka bir nedenden ötürü bağışıklık sistemi zayıflamış olanların, içme sularındaki kirleticiler konusunda daha duyarlı olmaları gerekiyor. Örneğin, bir mikroskopik parazit olan *Cryptosporidium*, enfekte olmuş hayvan ve insanların bağırsaklarında yaşıyor. Vücut dışında da uzun süre bo-

yunca canlı kalabilen bu yumurta, klor bazı dezenfektanlara çok dirençli. Özellikle göl ve akarsu gibi yüzey sularında bulunan parazit, sağlıklı yetişkinlerde de hastalığa yol açabiliyor, ancak bağışıklık sistemi zayıflamış kişilerde çok daha ciddi hastalıklara hatta ölümlere neden olabiliyor. Bu tür durumlarda, suyun kaynatılması ya da evlerde bir mikrometre ve daha küçük çaplı parçacıkları süzebilen filtrelerin kullanılması gibi özel önlemlerin gerekmesi gerektiği konusunda bir uzmanla danışmak en akıllıca çözüm. Ancak, su kaynaklı hastalık yapıcıların dış fırçalarla ya da yıkadığımız meyve ve sebzelerden de geçebileceğini unutmamak gerekiyor.

Küçük çocuklarda, yüksek düzeylerdeki nitrat ve kurşun gibi bazı kirleticilere karşı çok hassas oluyorlar. Bebek ve çocuklarda içme suyundaki kurşuna maruz kalma, dikkat süresi ve öğrenme yeteneklerindeki hafif zararlarla birlikte, fiziksel ve zihinsel geliş-

Şişe Suyu İşlemleri

Damıtma: Tuzları, metalleri, mineralleri, buharlaşmayan kimyasalları ve bazı organik maddeleri ayırmak için, su kaynatılır ve elde edilen buhar yoğunlaştırılır. Kaynatma işlemi sırasında, mikroplar da ölür.

Mikron Filtreleme: Su, mikroskopik deliklere olan filtrelerden geçirilir. Filtrenin delikleri ne kadar küçükse, o kadar çok kirletici uzaklaştırılmış olur. İyi filtreler çoğu kimyasal kirleticileri ve mikropları arındırabilir. Filtre delikleri mikronla, yani milimetrenin binde biriyle ölçülür. Ev tipi su arıtma ünitelerinde de kullanılan bu filtrelerde seçim yaparken, ortalama delik büyüklüğünü değil, en geniş deliğin büyüklüğünü dikkate almak gerekiyor. Örneğin *Cryptosporidium*'dan kurtulmak için, en büyük deliği 1 mikron olan filtreler gerekiyor.

Ozonlama: Ozon kullanılarak dezenfekte edilen suda, uygulanan doza bağlı olarak pek çok mikrop türü öldürülebilir.

Ters Geçişme (osmoz): Basit terimlerle ters geçişme, bir çözeltiyi, çözünmüş maddenin karşıya geçmesini engelleyen ve saf çözününün diğer tarafta toplanmasını sağlayan bir filtreye doğru, osmotik (geçişmeli) basınç altında itme işlemidir. Kullanılan filtre, çözünen maddenin değil, yalnızca çözününün geçmesine izin veren yarı geçirgen, gözenekli olmayan, mikroskopik kalınlıktaki bir polimer tabakasından oluşan bir zardır. Bu işlemle, tüm mikroplar, mineraller, renk, bulanıklık, organik ve inorganik kimyasallar giderilir. Ters geçişme, 1970'lerin başından beri, deniz suyundaki tuzun giderilip, tatlı su elde edilmesinde kullanılıyor.

Morötesi Işın: UV ışınlarından geçirilen sudaki çoğu mikrop, uygulanan doza bağlı olarak ölüyor.

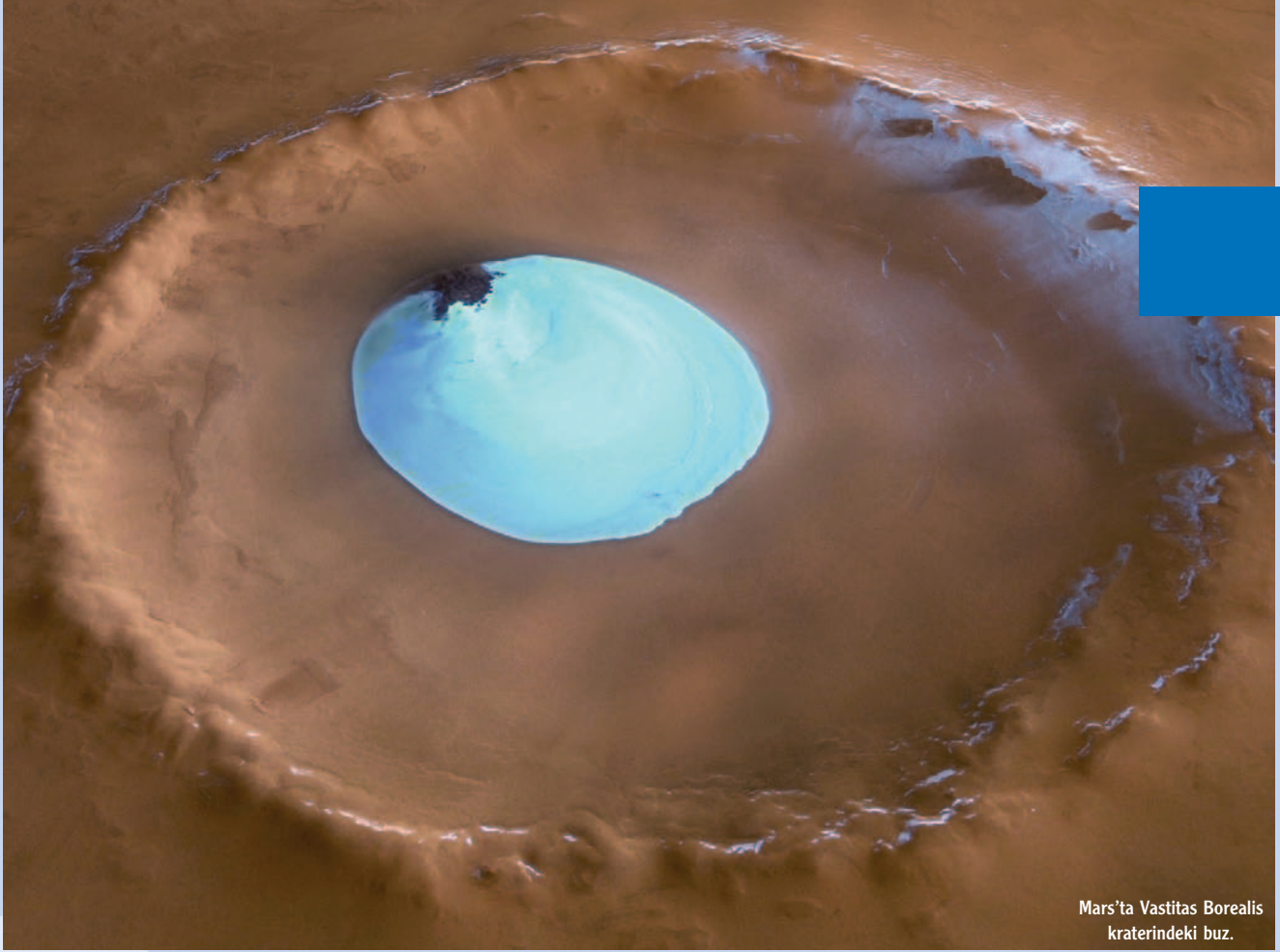


me bozukluklarına; yetişkinlerdeyse, kan basıncında artışa neden olabiliyor. Uzun yıllar kurşun miktarı fazla olan su içen yetişkinlerde, böbrek sorunları ve yüksek tansiyon gelişebiliyor. Kurşun, kaynak sularında nadiren bulunuyor; ancak, kurşun içeren boru, musluk ve lehimlerden, özellikle de sıcak su kullanımı sırasında suya karışabiliyor. Bu yüzden, bebek mamalarını hazırlarken soğuk su musluğunu kullanmak, altı ya da daha fazla saat boyunca musluk hiç açılmadıysa, suyu bir dakika ya da daha uzun süre boyunca boşakıtmak, önerilen yöntemlerden. Ayrıca bazı filtreler, ters geçişme yöntemi ve damıtıcılar, sudaki kurşunu azaltabiliyor.

İçme suyundaki yüksek miktarda nitrat da ciddi hastalıklara ve bazen ölümlere neden olabiliyor. Bebeklerdeki ciddi hastalıklar vücudun nitratı nitrite dönüştürmesinden kaynaklanıyor. Nitrit, çocukların kanının oksijen taşıma kapasitesini azaltıyor ve cilt mavimsi bir renk alarak, nefes kısıklığı ortaya çıkıyor. Uzun dönem boyunca maruz kalındıydaysa idrarın fazlalaşması, nişasta birikimi ve dalak kanaması gibi etkileri oluyor.

Meltem Yenal Coşkun

Kaynaklar:
<http://www.epa.gov/safewater/>
<http://www.nsf.org>
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs256/en/>
<http://www.who.dk/watsan>
<http://en.wikipedia.org>
http://www.saglik.gov.tr/sb/extras/mevzuat/yt_su_guv_degisik.pdf



Mars'ta Vastitas Borealis kraterindeki buz.

Su, yalnızca gezegenimize özgü bir molekül değil. Güneş Sistemi'ndeki öteki gezegenlerde ve çok daha uzaklarda, uzayın derinliklerinde de su var. Özellikle uzayda yaşamı araştıran bilim adamları için bu bulgu çok önemli. Çünkü su, yeryüzünde olduğu gibi, uzayda da yaşamın gereği olarak görülüyor. Bunun yanında, öteki gezegenlere ya da uydularına insanlı uzay uçuşları başladığında - ki bu pek de uzak olmayan gelecekte gerçekleşebilir - orada yine suya gereksinim duyacağız. Bu nedenle uzaydaki su, dünya dışı yaşam araştırmacılarının yanı sıra, gezegenimizin bir gün bize dar geleceğini düşünenlerin de ilgisini çekiyor.

Güneş Sistemi'nde Ay, Mars ve dev gezegenlerin uyduları, biliminsanlarının su aradıkları başlıca gök cisimleri. Merkür ve Venüs bunun için fazla sıcak. Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün çoğunlukla gazdan oluşuyorlar ve belirgin bir yüzeyleri yok. Plüton ve yeni keşfedilen gezegen benzeri cisimlerse kuyruklu yıldızların geldikleri bölgeye aitler ve bu cisimlerin de önemli oranda su içerdikleri zaten biliniyor.

Ay

Dünya dışı su arayışı, doğal olarak öncelikle uydumuz Ay'da başladı. Bunun başlıca amacı, insanoğlunun uzay

serüveninde, ilk durağın Ay olacağı düşüncesi idi. Uzaktan çok kuru görünen Ay çok miktarda suya sahip olsaydı, insanların kullanımına yönelik önemli bir kaynak olabilirdi. Ay'daki suyu aramak için birçok uzay aracı gönderildi. 1994'te, Clementine adı verilen uzay aracı, Ay'ın kutup bölgelerinde donmuş halde bulunan suyun varlığına rastladı. Bunlar, belki de uydumuzun yüzeyine çarpan göktaşlarıyla gelen sudan artakalanlardı.

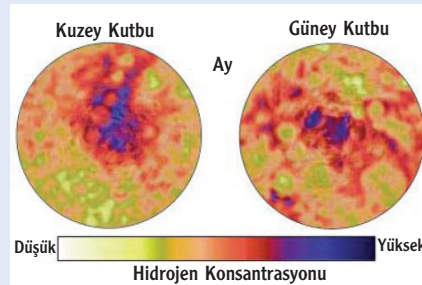
1998'de Ay'a gönderilen Lunar Prospector adlı uzay aracı, sahip olduğu birçok ölçüm aygıtıyla Ay yüzeyini ve yüzeyin altını uzaktan inceledi. Bu incelemeden, Ay toprağının altında 11 ila 330 milyon ton su bulunduğu sonucu çıktı. NASA, bu keşfi yapmakta kullanılan uzay aracı Lunar Prospector'u 31 Temmuz 1998'de Ay yüzeyine, güney kutbuna düşürdü. Amaç, Ay toprağını kaldırarak, yerdeki teleskoplarla su moleküllerini aramaktı. Eğer hidroksil (OH) moleküllerini varlığı yeryü-

zündeki duyarlı tayfölçerlerle saptanır- sa, aracın önceki verileri doğrulanmış olacaktı. Ne var ki, hiçbir teleskop suyun izine rastlamadı. Ancak, suyun bu şekilde gözlenmesi düşük bir olasılık olduğu için, araştırmacılar yılmadı. NASA, 2008 yılında, Ay'a bu amaçla bir uzay aracı daha göndermeyi planlıyor.

Mars

Ay'ın tersine, Mars'da bir zamanlar suyun bulunduğuna ilişkin çok belirgin kanıtlar var. Öyle ki, biliminsanları, Mars'ın bir zamanlar sulak bir gezegen olduğu düşüncesinde birleşiyorlar. Mars'ın görüntüsü uzaktan bakıldığında, Ay'ın kadar soğuk ve kuru. Ancak, 1960'lı yıllardaki Viking uçuşlarından beri, Mars yüzeyindeki su izleri dikkatimizi çekiyor. Devasa vadiler, küçük dereler, selin neden olduğu erozyon izleri ve bir zamanlar göl ya da deniz yatağı olduğu düşünülen geniş düzlükler, gezegende bir zamanlar bol miktarda su bulunduğunu gösteriyor.

Mars'taki sıcaklık ve atmosfer basıncı, suyun sıvı halde bulunmasına olanak tanımıyor. Su, şimdilik, çoğunlukla karbon dioksit buzundan oluşan kutup buzullarında az miktarda saptandı. Gezegenin ekvator bölgesinde de, suyun belirtisi olan hidrojenin var-



BAŞKA DÜNYALAR VE SU

lığına ilişkin kanıtlar var. Ancak, bir zamanlar okyanuslar oluşturacak kadar bol bulunan suyun tümüyle gezegenden uzaklaşması pek olası görülüyor. Bu su, en azından bir bölümü gezegenin yüzeyinin altında bir yerlerde sıvı ya da donmuş halde bulunuyor olmalı. Günümüzde, Mars'ta bol miktarda sıvı su varsa, bu ancak yeraltında bulunabilir.

Mars araştırmaları, geçmişte ve günümüzde olduğu gibi, yakın gelecekte de sürecek ve bu araştırmaların temel hedefini su oluşturacak. NASA, yakında Mars'a insanlı uçuşlar planlıyor. Ancak, bunun gerçekleşmesi, önemli ölçüde burada suyun bulunmasına bağlı.

Jüpiter'in Uyduları

Şaşırtıcı olmakla birlikte, Güneş Sistemi'nde gezegenimiz dışında, dış gezegenlerin büyük uyduları suyun sıvı halde bulunduğuna ilişkin önemli kanıtlar sunuyorlar. Jüpiter'in uydusu Europa'yla ilgili ilk radar gözlemleri, bu uyduda yaklaşık 160 km'yi bulan derinlikte bir su katmanının bulunduğuna ilişkin veri sağladı. 1999'da Galileo uzay aracının gönderdiği fotoğraflarda, uydunun yüzeyinin ilginç çatlaklarla dolu olduğu görüldü. Bilimadamları bunun, Jüpiter'in kütleçekiminin yol açtığı gel-git etkisi nedeniyle dış buz kabuğun çatlaması sonucu meydana geldiğini düşünüyorlar. Galileo'yla yapılan gözlemler sonucunda, Europa'nın yüzeyini oluşturan kabuğunun hemen altında iletken bir katman belirlendi. Bunun en mantıklı açıklaması da, burada tuzlu su bulunduğuydu. Jü-

piter'in büyük uydularından Ganymede ve Callisto'nun dış görünüşleri biraz daha farklı olmalarına karşın, bu uydularda da su bulunma olasılığı yüksek. Ancak, yoğun biçimde kraterli yapılarına bakıldığında, suyun epeyce derinlerde olduğu söylenebilir.

Europa ve öteki büyük uydularda suyun varlığı, akla hemen Dünya-dışı yaşamı getiriyor. Yeryüzünün yaşam için en elverişsiz gibi görünen bölgelerinde bile yaşam çeşitliliği çok fazla. Europa'da da yaşamın oluşmasına ve evrimleşmesine elverişli ortamlar olabilir. Burada, suyun yanı sıra, yaşam için gereken kimyasal moleküller de varsa, ilkel de olsa yaşam olabilir.

Kuiper Kuşağı ve Oort Bulutu'nda bulunan gök cisimleri birer kirli kartopunu andırırlar. Kuyruklu yıldızların kaynağı olan bu cisimler taş ve toz parçalarının yanı sıra katı hale geçmiş metan, amonyak gibi molekülleri ve önemli ölçüde su buzunu içeriyorlar. İç gezegenlerdeki suyun bir kaynağının da bu cisimler olduğu sanılıyor. Çünkü, gezegenlerdeki kraterlere bakıldığında, Güneş Sistemi'nin ilk zamanlarında, sayısız çarpışma yaşanmış. Su, bu şekilde sistemin dışlarından içlerine doğru taşınmış olabilir.

Güneş Sistemi'nin Ötesinde Su

Su, Güneş Sistemi'ne özgü bir molekül değil. Hidrojen, evrende en çok bulunan element. Oksijense yıldızlarda oluşuyor ve süpernova patlamalarıyla evrenin her yanına saçılıyor. Bu iki element, yıldız oluşturan bulutsularda bir araya geliyor ve önemli miktarlarda su oluşturmaya başlıyor. Zamanla bulutsular yoğunlaşarak gezegenlere, kuyruklu yıldızlara ya da başka gök cisimlerine dönüşüyorlar. Gökbilimciler, bir yıldız fabrikası olan Orion Bulutsusu'nun her 24 saatte bir, Dünya'nın okyanuslarını dolduracak miktarda su oluşturduğunu keşfettiler. Gökadamızda bu tür bulutsuların sayısının milyonlarca olduğunu düşünüyor. Bu bulutsular durmadan su oluşturmaya devam ediyorlar. Radyo



Orion Bulutsusu

gökbilimciler, gökadamız Samanyolu dışındaki bazı gökadalarda da suyun izlerini gözlediler. Bu durumda, evrenin neresinde olursa olsun, gezegenlerin ve sistemlerin öteki uydularında su bulunduğunu öne sürebiliriz.

Başka gökadalardaki su bir yana, kendi sistemimizdeki suyun insanlığın yararına kullanılabilmesi için daha çok yol alınması gerekiyor. Elbette, başka bir gezegenden kendimizinkine su taşıyabileceğimiz düşüncesi, pek gerçekçi bir yaklaşım olmaz. Ancak, uzun süren insanlı uzay uçuşları başladığında, başka gezegenlerdeki suya gereksinim duyulacak. Su, yaşamsal öneminin dışında, bileşenleri olan hidrojen ve oksijene verimli bir biçimde ayrılabilirse, uzun süren uzay yolculuklarında önemli bir yakıt da olabilir.

Elbette, su deyince öncelikli olarak "yaşam" akla geliyor. Suyun olduğu çoğu yerde yaşam da olabilir. Daha doğrusu, bildiğimiz anlamda yaşamın oluşabilmesi için, su bir koşul. Evrenin her yanında su olmasına karşın, henüz bizimki gibi sulak ve yaşam için gerekli her türlü koşulu barındıran bir gezegen daha bilmiyoruz. Varsa bile, çok uzun süre ulaşabileceğimiz uzaklıkta değil.

Alp Akoğlu

Kaynaklar:
Chalecki, E. L., Water and Space, The World's Water: The Biennial Report on Freshwater Resources, Island Press, 2002
<http://lunar.arc.nasa.gov/results/ice/eureka.htm>
http://science.nasa.gov/headlines/y2005/14apr_moonwater.htm
http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/ice/ice_europa.html
<http://marsprogram.jpl.nasa.gov/>

SU HAKKINDA...

**Su-
ları yoğun şekil-
de kirletiyor olmamıza
karşın, suyun içindeki oksijen
miktarı nasıl korunuyor?**

Suyun doğadaki çevrimi sırasında, atmosferde bulunan su buharı ve oksijen molekülleri su kaynaklarına sürekli bir katılım gösterir. Bu sayede suyun içeriğindeki oksijen miktarında bir denge sağlanır ve su kaynakları kıs- men de olsa yenilenir. Sucul fotosentetik canlılar da, su içeriğindeki oksijen miktarını dengelemede önemli rol oynarlar. Çevresel kirleticilerin bazı du- rumlarda (özellikle kapalı su sistemlerinde) su kaynağının taşıma kapasitesini aşması halin- de, su içeriğindeki oksijen dengesi bozu- labilir ve su sistemindeki canlılığı olumsuz etkileyebilir.

**Asit
yağmuru nasıl
meydana gelir?**

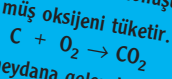
Aslında doğal yağmur da, at- mosferdeki karbondioksiti çözdüğü için biraz asidiktir ve pH derecesi 5,6 civarındadır. Asit yağmurlarının pH değe- riye bundan daha düşüktür. Özellikle sana- yileşmenin yoğun olduğu bölgelerde yüksek miktarlarda oluşan sülfür oksit ve nitrojen oksitlerin yağmur suyunda çözünmesiyle, sülfürik asit (H_2SO_4), nitrik asit (HNO_3) ve hidroklorik asit (HCl) oluşur.

**Su,
Doğada Saf
Halde Bulunur mu?**

Karalar üzerindeki kayalar, erozyonun etkisiyle sürekli olarak aşınmaya uğrarlar ve bunda rüzgâr, su ve buzlar birinci derecede etkilidir. Parçalanmış kayalar, sürtünerek ve askıda yüzerek akışa taşınır. Su, iyonize olan birçok maddeyi çözer ve suda çözünmeyen anorganik madde hemen hemen yok gibidir. Bu nedenle su, doğada hiçbir zaman saf halde bulunmaz ve içinde daima çözünmüş halde yabancı mad- deleri taşır.

**Bir
Damla Yağ Kaç
Litre Suyu Kirletir?**

Sulardaki çözünmüş oksijeni tüket- ten maddeler organik kökenlidir. Or- ganik maddelerde bulunan karbon, bakte- rilerin yardımıyla CO_2 'ye dönüşürken çözün- müş oksijeni tüketir.



Su ortamında meydana gelen bu reaksiyonda kar- bon ağırlığının yaklaşık üç katı oksijen tüketir. Ör- neğin bir damla yağmıs organik bileşiğin yükselt- genebilmesi için 40-50 mg oksijene ihtiyaç du- yulur. Bu miktar oksijene ancak 9-10 litre suda çözünmüş olarak bulunabileceğin- den 1 damla yağ 9-10 litre su- yu tamamen kirletir.

**Ay-
nı anda suyun
3 halini birden göz-
lemlememiz mümkün
mü?**

Faz değişimleri, basınç ve sıcaklık parametrelerine bağlıdır. "Üçlü nok- ta" olarak adlandırılan belirli bir ba- sınç ve sıcaklık değerindeyse, bir maddeyi üç hali arasında görmek mümkündür. Su için bu nokta, $0,01^\circ C$ ve $0,00603$ 'lük at- mosfer basıncıdır.

**Su
damlaları neden
yuvarlaktır?**

Suyun içinde bulunan bir mole- kül, kendisini çevreleyen diğer mole- küller tarafından eşit oranda merkeze doğru çekilir, dolayısıyla net kuvvet sıfır- dır. "Yüzey gerilimi" adı verilen bu kuvvet, ay- nı zamanda sıvının yüzeyini mümkün olduğu ka- dar küçültmeye çalışır. Su molekülleri arasındaki çekim kuvveti oldukça yüksektir. İç kısma yönel- me ve yüzey alanlarını en düşük düzeye indir- me eğilimindeki su damlaları da, eşit hacimli geometrik şekiller arasında yüzey alanı en düşük olan şekli, yani küreyi seçer.

**Su-
yun Özellikleri**

Suyun $+4^\circ C$ 'de eridiği mak- simum yoğunluğu $1 g/ml$ 'dir. Bu özellik, donma sonucu kayaların ay- rışmasını ve soğuk mevsimlerde derin su- larda canlıların yaşamasını sağlar.

Suyun akışkanlığa karşı direnci yani viskozitesi yüksektir. Bu özellik katı maddelerin taşınmasını sağlar.

Suyun çözücü özelliği vardır. Bu özellik, bitki ve mikroorganizmalar için gerekli olan besin maddelerinin topraktan çözünmesine ve canlılar tarafından alınmasına neden olur.

Su Arıtımında Kullanılan Temel İşlemler ve Amaçları

Temel İşlemler	Amaç
Biriktirme	Debi ve derişimindeki salınımları dengelemek.
Izgara	Yüzücü ve iri maddeleri tutmak
Mikroeleklerden geçirme	Süspansiyon halindeki maddeleri ve algleri tutmak
Havalandırma	Suya O_2 veya CO_2 kazandırmak
	Sudan CO_2 , H_2S , CH_4 gibi gazları gidermek
Yüzdürme	Suda bulunan yağ ve hafif yüzücü maddeleri sudan ayırmak
Hızlı karıştırma ve yumaklaştırma	Çökemeyen ve koloidal maddeleri çökebiyen yumaklar haline getirerek sudan ayırmak
Çöktürme	Çökebiyen katıları gidermek
Filtrasyon	Sudaki kolloid ve süspansiyon maddeleri tutmak
Dezenfeksiyon	Suda bulunan patojen mikroorganizmaları yok etmek
Adsorbsiyon	Aktif karbon gibi maddelerle sulardan istenmeyen koku ve tadı gidermek
İyon değiştirme	Suda istenmeyen iyonların başka bir iyonla yer değiştirmesi
Kimyasal çöktürme	Sudaki çözünmüş maddeleri, çözünmeyen maddeler haline getirerek çöktürme işlemiyle sudan uzaklaştırmak.

**Çeşme-
mizden akan su-
yun sert olup olmadığı-
nı anlamının pratik bir yolu
var mı?**

Evet. Sabunla elinizi yıkadığınızda kö-
pük oluşmuyorsa ya da az miktarda olu-
şuyorsa, bu suyun sert olduğu söylenebilir.
Ayrıca çaydanlıklarınızda kısa sürede ve çok
miktarda kireçlenme gözliyorsanız, bunun
nedeni de suyun bol kireçli, yani sert ol-
masıdır. Sert sular, sıklıkla kalsiyum
ve magnezyum içerikleri yük-
sek olan sulardır.

**Su
yok olur mu?**

Su yok olmaz, dönüşür. An-
cak, doğal kaynaklarımızdan ge-
len suyun kalitesi giderek düşüyor.
Evlerimizde tükettiğimiz suyun geldiği
yeraltı kaynakları, tarımda kullanılan nitrat
içerikli yapay gübreler ve endüstriyel atıklar
gibi maddelerin karışmasıyla her gün daha
fazla kirleniyor. Yani, su yok olmayacak,
ancak gerekli önlemleri almazsak, kali-
tesi düştüğü için kullanılamaz ha-
le gelecek.

**Su-
yun Fiziksel ve
Kimyasal Özellikleri**

2 atom hidrojen ve 1 atom oksijenden
oluşan suyun kimyasal formülü H_2O ile
ifade edilir. Bir su molekülünün hacmi
 $29,7 \cdot 10^{-30} m^3$ tür. Su molekülünde hidrojen atom-
ları 104° ile oksijen molekülüne bağlandığından, su
dipolar özellik gösterir. Bu özelliğinden dolayı su mole-
külleri birbirlerini çekerler ve kümeler halinde bir arada bu-
lunurlar. Suyun dielektrik sabiti ve yüzey gerilimi benzer mole-
küllere oranla çok büyük olur (H_2S , H_2Te , H_2Se gibi). Donma nok-
tası beklenenden çok daha düşük olup donduğunda diğer tüm sıvı-
ların tersine yoğunluğu azalır. $+4^\circ C$ de de yoğunluğu $1 g/ml$ dir.
Suyun $0^\circ C$ 'de donmadan önce $999,9 kg/m^3$ olan yoğunluğu
 $0^\circ C$ 'nin hemen altındaki buz için $916,7 kg/m^3$ olur.
Su, moleküler yapıda kararlı bir bileşiktir. Hatta çok yüksek sı-
caklıklarda oldukça kararlıdır. Denge koşullarında, $1500^\circ C$ 'de
su buharının %2'sinden azı bozunur. Su buharı, kapalı bir
kapta yüksek sıcaklık ve basınçta iki yönlü bir reaksi-
yonla elementlerine ayrışır. Ancak aynı şartlarda
daha hızlı bir reaksiyonla H_2 ve O_2 birle-
şerek suya dönüşür.

**De-
niz suyundan
tatlı su nasıl elde edilir?**

Tuzlu suyu tatlı suya dönüştürmenin
en eski yöntemi damıtma. Bu yolla kay-
natılan deniz suyu buharlaşarak yükseliyor,
tuzsa tankın dibinde kalıyor. Daha serin olan
başka bir tanka aktarılan su buharı, burada tek-
rar sıvı duruma dönüşüyor.
İkinci yöntem, suyu basınçlayıp içine metan gazı pom-
palamak. Suyun yüzeyinde hemen, metan ve su molekülle-
rinden oluşan kristaller beliriyor. Bu kristalin yapısı yalnız-
ca su ve metan moleküllerini barındırdığından, tuz geride
kalmış oluyor. Kristalleri ayırıp erimeye bırakmak ve metan
gazı buharlaşırken, oluşan saf suyu bir başka kapta toplamak
mümkün.

Diğer yöntemse "ters geçişim" (reverse osmosis). Tuzlu
suya, 60 atmosfere kadar yüksek basınç uygulanıyor.
Su, yalnızca saf suyun geçebildiği özel bir zardan
geçmeye zorlanıyor. Tuz, zarın öteki yanında ka-
lıyor ve içilebilecek kalitede su elde edili-
yor.

**Su
ıslak mıdır?**

İki farklı maddenin molekülleri
arasındaki çekim kuvvetine adhez-
yon, maddenin kendi molekülleri arasın-
daki çekim kuvvetineyse kohezyon adı veri-
lir. Sıvıların ince tüpler içerisindeki yükselme ve-
ya alçalma hareketi de, tamamen bu iki kuvvet ara-
sındaki etkileşimle bağıntılı olan yüzey gerilimiyle iliş-
kilidir. Kimya ve fizikte "ıslaklık" veya "ıslanma", bu
kuvvetler arasındaki bağıntıya göre adlandırılır:
Adhezyon > kohezyon = ıslanma koşulu,
Kohezyon > adhezyon = ıslanmama koşuludur.
Buna göre, kohezyon kuvveti adhezyon kuvve-
tinden daha düşük olan su, ıslaktır.

**Su-
larda Çözün-
müş Oksijen Dengesi
Nedir?**

Oksijen su ortamında gaz halinde
çözünmüş olarak bulunur. Su ortamın-
daki oksijenin kaynağı hava ve fotosentez
olayıdır. Su ortamında bitki ve hayvanların
yaşayabilmesi için çözünmüş oksijen konsan-
trasyonunun belli bir düzeyde olması gerekir.
Örneğin, sulara çözünmüş oksijen konsantras-
yonunun $5 mg/L$ den az olması halinde balık-
ların yaşaması zorlaşır. Gazların sıvılarda çö-
zünme prensibinde olduğu gibi, oksijenin
sulara çözünmesi sıcaklıkla ters, ba-
sınçla doğru orantılı olarak de-
ğişir.

Deniz Candaş
Gülğün Akbaba