

# DOĞAL SULARDAKİ MİKROKİRLETİCİLER

Endüstrileşmeyle birlikte insanlar, nüfusu doyurabilmek adına, kalkınma adına kimyasal ürünleri yaşamımıza soktular ve dolayısıyla bizleri kimyasal maddelerle tanıştırdılar. Ancak bu tanışma canlılara oldukça pahalıya mal oldu. Çünkü kimyasallar, örneğin ağır metaller çevreyi çok ciddi boyutta kirlilikle karşı karşıya bıraktı. Özellikle geri kalmış ve gelişmekte olan ülkelerde genellikle atık su arıtma sistemlerinin olmayışı, denizleri, gölleri, kısaca iç suların hepsini, toprak ve havayı kirletti. Bu kirlilik canlıya, örneğin insana ulaştığında da, soluk borusundan başlayıp boşaltım sistemi, mide ve kana geçip, bütün dokulara zarar verdi, hücrelerin seçici geçirgenliğini ortadan kaldırdı ve hücrenin içine girip DNA'ya ulaştığında da kansere neden oldu... Dikkat ettiyseniz son yıllarda, baş ağrısı, huzursuzluk, hızlı kalp atışları, aşırı terleme gibi insanı çileden çıkartan sorunlar arttı. İşte bu sorunların hepsinde yukarıda örneğini verdiğimiz ağır metallerin rolü çok fazla. Ağır metaller, sindirim sistemi ve merkezi sinir sistemini adeta çökertebiliyorlar. Sindirim sisteminde hazımsızlık, ishal, iştahsızlık ve kusmaya kadar giden bir süreci başlatabilen bu kimyasallar, merkezi sinir sisteminde de birdenbire ortaya çıkan geçici sorunlara neden olabiliyor. Ağır metallere uzun süre maruz kalındığıdaysa, kanser dediğimiz, çağın en önemli hastalığı ortaya çıkabiliyor. Şöyle de diyebiliriz: Erkeklerin yaşamsal bir sorunu olan prostat kanserinden tutun, hem kadın hem erkekte böbrek kanseri, kalın bağırsaktaki tümörler, yutak borusundaki kanser türleri olmak üzere birçok kanser türünde ağır metallerin etkileri olabiliyor. Bu rahatsızlıkların hepsinin de ön belirtileri var. Deride kıl dökülmesi, sindirim sistemi rahatsızlıkları, sıvı kaybı, ya da tam tersi vücutta ödem oluşması, dokularda şişme, titreme, aşırı refleks, heyecan, diş ve diş etlerinin kayıp, karaciğer ve böbrek rahatsız-

lıkları ve bu etkilerden sonra ortaya çıkan kanserler... Anımsayacaksınız, alüminyum, antimon, arsenik, baryum, berilyum, bor, cıva gibi metallere bir olan kadmiyum, Japon halkını oldukça uğraştıran bir sağlık sorununu ortaya çıkarmıştı. 1950'li yıllarda Japonya'nın Toyama bölgesinde yaşayan insanlar dünyadaki ilk kadmiyum (Cd) zehirlenmesini yaşadılar. Hastalık kemiklerin erimesi, şiddetli eklem ağrıları ve böbrek yetmezliği şeklinde seyretmekteydi. Çok ağırlı, çok sancılı geçen bir süreç sonunda pek çok insan yaşamını



yitirdi. Bu ölümlerin neden kaynaklandığı önceleri anlaşılamadıysa da, 1970'lerin başında, özellikle analitik kimyadaki tayin yöntemlerinde gerçekleşen gelişmeler sonucunda, atomik absorpsiyon cihazıyla yapılan ölçümler deniz suyundaki kadmiyum kirliliğinin fazlalığına dikkatleri çekti. Japonların, endüstrileşme sevinci adeta kursaklarında kalmıştı. Şarj edilebilen alkali pil fabrikalarında kullanılan kadmiyum, suya karışıp insanlarda süreç içerisinde bu çevresel kaynaklı hastalığı yaygınlaştırmıştı. Japonların deniz ürünlerini tüketme isteği, özellikle de çiğ balık yeme tercihleri vücutlarına kadmiyum almalarına yol açmış ve süreç içe-

risinde kanser, Japonların kapısını çalıp içeriye girmişti.

Bu anlattıklarımız ve verdiğimiz örnekte olduğu gibi sularımızı kirlüten bir diğer zehir kaynağı olan hormonların doğal sulardaki canlıları kısacama alıp, besin zinciriyle bize kadar ulaşabilme yollarından biri de ilaçlar. Şu anda gündemimizde pek bulunmasa da, sulara karışan ilaçların ciddi sağlık sorunlarına yol açabileceği yolunda görüşler var. Son yıllarda özellikle kozmetik ve ilaç tüketiminde olağanüstü artışlar söz konusu. Örneğin inanılmaz sayıda doğum kontrol hapı kullanılıyor. Keza kozmetik sektöründe de oldukça farklı ürünler üretiliyor ve tüketicinin de bu ürünlere karşı ilgisi büyük. Cildi geliştirmek, deformasyonu önlemek, kırışıklıkları engellemek için birçok krem üretiliyor ve kullanılıyor. Tüm bu ürünlerin bileşiminde hormon bazlı malzemeler var. Diğer taraftan araştırmalar sonucu doğal sularda saptanan cinsiyetsiz balıklar, biliminsanlarının dikkatini, diğer canlıların da üreme sistemlerini etkileyebileceği varsayımıyla, hormonlara çekiyor. Doğum kontrol haplarında olsun, kozmetik ürünlerinde olsun kullanılan hormonların insanlar üzerinde gösterebileceği olası etkiler neler?

Doğal sularımıza karışan zehirler başka örnekler de verebiliriz. Ağrı kesicilerden asetaminofen, antimikrobiyal sabunlardan triklosan, sabah kahvesinden kafein gibi birçok kimyasal madde nehirlerimize akıyor ve evlerimizde kullandığımız ya da tükettiğimiz maddelerde ortaya çıkıyorlar... Biz de bu önemli konuyu farklı yönleriyle bize anlatmaları için, sularımızı kirlüten ilaçlar konusunda Hacettepe Üniversitesi Kimya Bölümü Öğretim Üyeleri Prof. Dr. Adil Denizli ve Doç. Dr. Handan Yavuz ile görüştük. Denizli ve Yavuz görüşmemizin başında şu açıklamayı yaptılar: "Doğal sulara karışan ilaçların, insanları, hayvanları ya da bitkileri ne şekilde etkiledikleri tam olarak bilinmiyor. Ama en büyük risk su-

da yaşayan canlılar üzerinde. Çünkü bu ortamda yaşayan türler 7 gün 24 saat boyunca bu bileşiklere maruz kalıyorlar. Bu bileşikler her yerde ve sürekli olarak kullanılıyorlar. Özellikle doğum kontrol ilaçlarından ve hormon tedavilerinden kaynaklanan dişi seks hormonlarının yüksek oranlarda sular da bulunması bazı organizmalar üzerinde yıkıcı bir etki yapıyor. Diğer önemli bir konu da antibiyotikler. Özellikle hayvan besileri yerlerinden ve hastanelerden yayılan antibiyotikler, bakterilerin dirençli hale gelmelerine neden oluyor. Antibiyotikler yalnızca sular da değil, çamur ve diğer tortullarda da birikiyor.” Bu açıklamaların ardından da, biz sorduk, onlar yanıtladılar.

**BTD: Doğal suları kirletici öğelerin sulara bulaşma yolları konusunda bilgi verir misiniz?**

**A. Denizli:** Dünya nüfusunun yaklaşık beşte biri sağlıklı su kullanma olanaklarına sahip değil. Sudaki hastalık yapıcıların çoğunluğu beş yaşın altında olmak üzere her yıl iki milyon ölüme neden olmaktadır. Yüze ve yeraltı sularının artan bir şekilde kimyasal maddelerle kirlenmesinin de sudaki yaşam ve insan üzerine uzun vadeli sonuçları bilinmeyen tehlikeli sonuçlar doğurması olası. Dünyanın ulaşılabilir ve yenilenebilir taze suyunun üçte birinden fazlası tarımsal, endüstriyel ve evsel amaçlarla kullanılmakta ve bu kullanım sonucunda sular yapay bileşiklerle kirlenmektedir. (Çizelge 1). Dolayısıyla doğal suların kimyasal maddelerle kirlenmesi dünyanın tüm bölgelerinde yaşamsal öneme sahip. Endüstri ve belediyeler nehirlerle, göllere, yeraltı sularına, kıyı denizle-



re ulaşan bir atık su akımı oluşturuyorlar. Bu atık sular değişen derişimlerde çok sayıda kimyasal madde içeriyor. Her yıl yaklaşık 300 milyon ton endüstriyel ve tüketiciler tarafından kullanılan yapay bileşik, doğal sulara karışmak üzere yollarını buluyor. Her yıl tarımsal olarak kullanılan 140 milyon ton gübre ve birkaç milyon ton tarımsal ilaç da bunlara ek olarak kirletici unsurlar. Örneğin Avrupa Birliği'nde günlük kullanımları 30.000-70.000 ton arasında değişen 100.000'den fazla kimyasal madde tanımlanmış. Diğer bir faktör de, kazayla sulara karışan 0,4 milyon ton petrol ve ürünleri. Bunların dışında, yeraltı sularına tuzlu suların karışması, zehirli kimyasalların (ağır metaller ve metaloidler) insanlar aracılığıyla yer değiştirmesi, zehir ve kötü kokulu bileşiklerin biyolojik üretimi de söz konusu.

**H. Yavuz:** Günümüze kadar bu sinisi ve görünmeyen sorun için etkin ve sürekli bir küresel strateji de geliştirilememiş. Atıksu işleme tesisleri, endüstrileşmiş ülkelerde kısmi bir engel olabilir; ancak yeterli değil. Litrede mikrogram ya da miligram seviyelerinde bulunan görece az sayıda makrokirleticilerin (asitler, tuzlar, besinler ve organik maddeler gibi) kaynağı, davranışı ve bunların işlenmesi iyi biliniyor. Bu maddelerin ortamda yüksek oranda bulunması, artan birincil üretime, oksijen azalmasına ve zehirli alglerin oluşuma neden olabilmekte. Bu durumlarda izlenecek yol, ekosistemin tepkilerini tahmin ederek teknolojilerin optimize edilmesi ve nehir yatakları ölçeğinde plan geliştirilmesi. Ancak sular da düşük ya da çok düşük, piko ya da nano düzeydeki derişimlerde bulunan binlerce yapay ve doğal eser maddelerin su kaynaklarına etkilerini kestirmek çok güç.

**BTD: Bu mikrokirleticilerin etkileri nasıl oluyor?**

**A. Denizli:** Çizelge 2'deki kimyasal maddeler geçen 25 yılda yalnızca endüstrileşmiş bölgelerdeki doğal sular da değil, buralardan çok uzak alanlarda da izlenmiş. Bazı kimyasal maddeler hiç yıkıma uğramayarak (örneğin ağır metaller) ve bazıları da çok yavaş yıkılarak (DDT, lindan ya da poliklorlu bifeniller gibi kalıcı organik kirleticiler) su ya da havayla kaynaklarından kilometrelerce uzağa taşınmışlar. Daha az kalıcı olan, uzun mesafelere taşınmayan ürünlerin ve bunların biyodönüşüm ürünlerinin de sürekli olarak

Çizelge 1. Su sorununun boyutları: Su kullanımı ve makro ve mikro kirletici akımlar.

	İnsanların ulaştığı taze su (km <sup>3</sup> /yıl)
Toplam küresel akış	40.700
Ulaşılabilir küresel akış	12.500
Su tüketimi (toplam)	4.430
Tarım	975
Belediyeler	300
Rezervuar kayıpları	275
Dünya nehirleriyle makrokirletici akımları (10 <sup>6</sup> ton/yıl)	
Toplam inorganik azot (~%75 antropojenik)	21
Toplam fosfor (%60 antropojenik)	5,6
Su sistemine antropojenik ağır metal girdisi (10 <sup>6</sup> ton/yıl)	
Zn, Cr, Ni, Pb, Cu, Cd, Hg	0,3-1
Su kalitesini etkileyen antropojenik akımlar (10 <sup>6</sup> ton/yıl)	
Küresel gübre üretimi (2000)	140
Küresel tarımsal ilaç üretimi	5
Yapay organik kimyasal üretimi	300
Petrol dökülmeleri (1980-2000 ortalama)	0,4



aynı çevrede kalması, bu bileşiklere uzun süre maruz kalınması sorununun oluşturabiliyor. Bu tür bileşiklere örnek olarak hormonlar, ilaçlar ya da nonilfenol gibi yüzey aktif ajanların kalıcı bozunma ürünleri verilebilir.

**H. Yavuz:** Mikrokirleticilerin su sistemlerine etkilerinin değerlendirilmesi için, dağılma, biyobulunurluk ve tek bir bileşik ya da bir karışım halinde olması durumundaki biyolojik etkilerinin araştırılması, bunun için de gelişmiş analitik ve modelleme araçları gerekiyor. Mevcut ve yeni üretilen kimyasal maddelerin insanlara ve çevreye potansiyel zararını gösteren yöntemler, tekrar gözden geçirilmeli. Mikrokirleticilerin etkilerini azaltmak üzere geliştirilmiş teknolojiler kadar, bu kimyasal maddelerin çevreye ulaşmasını azaltacak yaklaşımların da geliştirilmesi gerekli. Tamamlayıcı bir yaklaşım, çevreye karşı duyarlı endüstriyel işlemlerin ve daha zararsız kimyasalların üretimini içeren “yeşil” kimya.

**BTD: Mikrokirleticilerin su sistemlerinde değerlendirilmeleri konusunda bilgi verir misiniz?**

**A. Denizli:** Bir bileşiğin kirletici olup olmadığı, tanımlanmış bir sisteme maruz kalmasına; yani sisteme girişi, dağılımı ve sonucuyla bileşiğin sistemde varolan organizmalar -insanlar dahil- üzerine olan etkileriyle değerlendirilir. Bileşiğin taşınımını ve su sistemindeki etkilerini ortaya koymakla ilgili işlemlerin belirlenmesi, yeni ve mevcut kimyasal maddelerin risklerini modellemek ve daha zararsız üretimin tasarlanması için bir ön gereklilik.

Çevresel sistemde ve organizmalardaki (biyolojik sistem) işlemler aynı modelleme araçlarıyla yapılsa, maruz kalma ve etki değerlendirmesi mümkün olabilir. Bu bağlamda kirleticiler, çevresel ve biyolojik sistemlerle fizikokimyasal özelliklerine ve tepki düzeylerine gö-

re etkileşerek, her kirletici için karakteristik olan bir çevresel ve iç maruz kalma değeri ortaya çıkarırlar. En son değerlendirme, çevresel ve biyolojik sistemlerin karmaşıklığı ve değişkenliği nedeniyle belirsizlik içerir. Dolayısıyla genel sonuç, her zaman belirsizlikleri de içeren, maruz kalma ve etki değerlendirmesinin birleşimidir.

**BTD: Sularımıza karışan ilaçların etkileri konusunda gelelim...**

**H. Yavuz:** İlaçlar hastalıkların teşhisi, tedavisi, yavaşlatılması ya da önlenmesi için ya da genel sağlık durumunu, insan bedeninin yapısını, işlevlerini iyileştirmek üzere kullanılan kimyasal maddeler. Ancak, açıkça görülen, şimdiye kadar bu bileşiklerin çevredeki etkileri üzerinde pek fazla durulmamış. Oysa ilaçlar çevre kimyasının en önemli konularından biri. İnsanlar ve hayvanların yararına üretilen ilaçlar, çeşitli yollarla çevreye ulaşmaktalar. Henüz bu kalıntıların insan sağlığına zararları kanıtlanmamış olmakla birlikte, konunun ihmal edilmemesi gerektiği de kabul edilmekte. Bazı araştırmacıların, dış ortamlarda rastlanan ilaçlar konusunda verdikleri bilgiler, bunlardan bir kısmının arıtma tesislerinde yeterince uzaklaştırılmayarak önemli oranlarda yüzey sularına ve sonra da yeraltı sularına karıştığını gösteriyor.

Sularda bulunan tedavi amaçlı bileşiklerin su organizmalarını etkilediği, farklı çalışmalarla gösterilmiş. Dolayısıyla su sisteminde gerçekleşen adsorpsiyon (yüzeyle tutunma), yıkım, fotoliz ve hidroliz gibi fiziksel, biyolojik ve kimyasal işlemlerin bilinmesi, çok önemli. Bu işlemlerle ilgili bilgi birikimimizse oldukça sınırlı. Dolayısıyla ilaçların olası dönüşüm ürünlerinin varlığı ve çevreye etkileri de araştırılmalı.

**A. Denizli:** Diğer organik atık su kirleticileri gibi, sularda ilaçların varlığı, dünya çapında giderek önemi artan bir konu olmaya başladı. Bu konuyla ilgili

ilk çalışmalarda, kan kolesterol düzeylerini düşürmek için sıklıkla kullanılan bir ilaç olan klofibrin asitin çevre sularındaki varlığına işaret edildi. Daha sonraki çalışmalarda bu düzeyin bazı yerlerde 1 µg/L seviyesine ulaştığı rapor edildi. Daha sonra Avrupa’da, ABD’de ve Asya’da da, incelenen yeraltı sularında, psikiyatrik ilaçlar, analjezikler, antibiyotikler ve IRM (Girişim-Yansıma Mikroskopisi) kontrast ajanları gibi ilaçların varlıkları tespit edildi. 2002 yılında, çevre sularında 80’den fazla ilaç ve ilaç metaboliti tayin edildi.

İlaçlar ya da metabolitleri çoğunlukla polar moleküllere (artı ya da eksi kutuplaşması gözlenen) bağlanmış halde idrar ya da dışkıyla vücut dışına atılırlar. Bunlar, özellikle canlı organizmalara etkide bulunmak üzere tasarlandıkları için, biyolojik olarak etkin bileşikler. Dolayısıyla, ekosistem ve sonucunda da insanlar için potansiyel bir tehlike oluşturmaktalar. Dahası, polar yapıları nedeniyle bazı ilaçlar toprakaltında yeterince adsorplanamazlar ve dolayısıyla içme sularının ana kaynağını oluşturan yeraltı sularına kadar ulaşabilirler. Berlin, Prag, Milano ve birçok Avrupa kentinde ilaçların varlığı, içme sularında birkaç bin ng/L düzeylerindeki derişimlerde rapor edilmiş. Bu tıbbi amaçla kullanılan değerlerin oldukça altında olmakla birlikte, potansiyel zehir etkileri henüz çok az bilinmekte ve ihmal edilmemeli. Bu bileşiklerle ilgilenen resmi birimler henüz konunun acilen ele alınması gerekli bir durum mu olduğu, yoksa henüz endişeye gerek olmadığı konusunda karmaşık düşüncelere sahipler. Bazı hükümetler ya da özel kuruluşlardaki bilim insanları bu bileşikleri ölçmek ve analiz etmek, çevrede kalma oranlarını, nereden geldiklerini, son kaderlerini ve olası etkilerini belirlemek için yeni yöntemler geliştirmeye çalışmaktalar.

Birçok durumda bu bileşikler sulara insanların boşaltım sisteminden ya da örneğin duşta kullanım sonucu karışmakta. Bazı durumlardaysa kişiler zamanı geçmiş ya da kullanılmayan ilaçları doğrudan kanalizasyona göndermektedirler. Bu nedenle birçok ülkede çöp olarak değerlendirilen ilaçların hastanelerde, bakım evlerinde ya da evlerde özel olarak toplanması konusunda uygulamalara başlanmıştır. Bazı ülkelerde “ilaç geri-toplama noktaları” oluşturulmuştur. Yine bir kısmında da ilaçlar, boyalar ve



Çizelge 2. Bazı Su Kirleticiler.

Orijin/Kullanım	Sınıf	Örnek	Bağlantılı sorunlar
Endüstriyel kimyasallar	çözücüler	tetraklorometan	içme suyu kirlenmesi
	ara ürünler	metil-t-bütileter	
	petrokimyasallar	BTEX (benzen,toluen,ksilen)	
Endüstriyel ürünler	katkılar	ftalatlar	biyobirikme, uzun vadeli taşınım
	yağlayıcılar	PCB'ler (poliklorlu bifeniller)	
	alev geciktiriciler	polibromlu difenileterler	
Tüketici ürünleri	deterjanlar	nonilfenol etoksilatlar	endokrin aktif dönüşüm ürünü (nonil fenol)
	ilaçlar	antibiyotikler	bakteriyel direnç, hedeflenmeyen etki
	hormonlar	ethinil estradiol	cinsiyetsiz balıklar
	kişisel bakım ürünleri	UV filtreler	çeşitli (kısmen bilinmeyen) etkiler
Biyositler	pestisitler	DDT	toksik etki ve kalıcı metabolitler
	tarımsal olmayan biyositler	atrazin	primer üreticiler üzerine etki
		tribütlin	endokrin etkileri
		triklosan	hedef dışı etki, kalıcı yıkım ürünü (metil-triklosan)
Jeojenik/	ağır metaller	kurşun, kadmiyum, cıva	insan sağlığına zararlı
Doğal kimyasallar	inorganikler	arsenik, selenyum, flor, uranyum	
	tat ve koku	geosmin, metilisoborneol	içme suyu kalitesi problemleri
	siyanotoksinler	mikrosistinler	
	insan hormonları	estradiol	cinsiyetsiz balıklar
Dezenfeksiyon/ yükseltgenme	dezenfeksiyon yan ürünleri	trihalometanlar, haloasetik asit, bromat	içme suyu kalitesi, insan sağlığı problemleri
Dönüşüm ürünleri	yukarıdaki türlerin metabolitleri	perflorlu bileşiklerin metabolitleri kloroasetanilid herbisit metabolitleri	içme suyu kalitesi problemleri

böcek öldürücüler gibi genellikle yakılarak güvenli imha edilmek üzere düzenli olarak toplanıp biriktirilen zararlı evsel atık listesine alınmış.

Sudan gelen kimyasallarla ilgili endişeler geçen yaz araştırmacıların “ara cinsiyetli bir balık” keşfettiklerini açıklamalarıyla başladı. Buldukları balık (levrek), erkekti, ancak olgunlaşmamış yumurtalar içermekteydi. Bu proje üzerine çalışan araştırmacılar bunun çok yeni bir durum olduğunu bilmekle birlikte, buna neyin neden olduğunu bilmiyorlardı. Ancak bu keşif, hormon artıklarının ya da bunlara benzer kimyasalların suda yaşayan canlıları etkilediği korkularını canlandırdı. 1999 yılında başlayan araştırmada bilim insanları çeşitli bölgelerden çok sayıda örnek inceledi ve örneklerin yüzde sekseninde ağrı kesiciler, hormonlar, tansiyon ilaçları ya da antibiyotikler gibi birçok ilacın kalıntılarını buldular. Bu sonuçlar, bileşiklerin sanılandan daha uzun süreyle kalıcı olduğu düşüncelerini doğrulamaktaydı.

ABD Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) sularında antibiyotik ve antiseptiklerin etkilerini, yalnızca insan üzerine etkileriyle değil, ilaca dirençli bakterilerin gelişme olasılığı bakımından da araştırmaya başladı. Henüz bu nedenle kimsenin zarar gördüğü rapor edilmemiş olmakla birlikte, ilaçlarla kirlenme sonuçları alarm vermekte. Bu bileşiklerin kentsel

sulardaki derişimleri, klorlama ya da aktif karbon filtrasyonu uygulamaları nedeniyle çok düşük düzeylerde olabilir, ancak olumsuz etkileri varsa, sularında yaşayan balık ve diğer canlıların bunlardan etkileneneği kesin. Su kirliliği üzerine çalışan araştırmacılar genellikle çalışmalarını “konvansiyonel”, yani halihazırda zehirli ya da kanserojen oldukları iyi bilinen bileşikler üzerine yoğunlaştırmışlar. Ancak yalnızca reçeteli ilaçlar ve biyolojikler değil, teşhis kitleri, parfümler, güneş korunma ürünleri ve diğer birçok bileşiği içeren kişisel bakım ürünlerinden gelen sessiz tehlikenin de gözden kaçırılmaması gerekli.

Düşük düzeylerde bulunan bu bileşiklere belirli bir süre maruz kalmanın, suda yaşayan canlılar üzerinde “teşhis edilmeyen ve dikkat çekmeyen” yavaş biriken etkiler, yanı sıra suda yaşayan yeni yaratıkların ortaya çıkmasına neden olduğu düşünülüyor. Biliminsanları etkilerin evrim ve ekolojik değişime yol açabilecek kadar sinsi olduğuna dikkati çekmekte.

Başlangıçta çabalar yüzey ve yeraltı sularına karışan maddeleri ölçmeye yoğunlaşmış. İlaç artıklarının üretici fabrikalardan atılımı büyük ölçüde kontrol altında olmakla birlikte, lağımın ya da septik sistemlerin bireysel katkısı kontrol edilememekte. Etkileri iyi bilinen ve kontrollü olarak kullanılan ta-

rımsal ilaçların aksine, ilaçlar kontrolsüz olarak atılmakta. Sorgulanan birçok kimyasal maddenin çevrede hızla yıkılıp, daha zararsız ürünlere dönüşmeleriyle sıkıntı yaratma olasılıkları düşüyor. Ancak geniş ve sık kullanıma sahip ilaçlar ortamda sürekli olarak yenilenmekte. Aslında, su kaynaklarında istenmeyen kimyasal maddelerin varlığı, bu bileşiklerin gerçek zarar verme gücünden bağımsız olarak birçok özelliğe sahip. Olgu yenidir (ya da yeni farkedilmiştir), bileşikler görünmezdir ve doğal değil, yapaydır. Bunlar hakkında ne kadar fazla şey bilinirse, özellikle daha yüksek derişimlere ulaştıkları zamanki davranışları hakkında daha iyi tahmin yürütmek mümkün olacak. Ayrıca bu bileşiklerin düşük derişimlerdeyken izlenmeye başlanması, çevrede diğer bileşiklerle birlikte buldukları zamanki etkilerini belirlemede de önemli. Su kaynaklarının kapsamlı kimyasal analizi, pahalı ve zaman alıcı bir işlem. Ancak yine de halkın sulardan kaynaklanan sağlığı ve güvenliği açısından, bunun yapılması gerekli.

Gülgün Akbaba

#### Kaynak:

- Drugs are in the water. Does it matter? The New York Times, April 3, 2007  
The challenge of micropollutants in aquatic systems, Science, vol 313, 1072, Aug 25, 2006.  
Consequences of treated water recycling as regards pharmaceuticals and drugs in surface and ground waters of a medium sized Mediterranean catchment, Environ. Sci. Technol. 40, 5282, 2006.