

TÜRKİYE'DE SU KULLANIMI, ATIKSULARI GERİ KAZANMA VE YENİDEN KULLANMA UYGULAMALARI*

Mustafa KAVAKLI - Zühal CİVAN

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü

ÖZET

Ülkemiz hızla büyümekte ve sanayileşmektedir. Nüfusumuzun 2000'li yıllarda 70 milyonu aşacağı tahmin edilmektedir. Nüfus artışını en yakından izleyen ve kendini en çarpıcı şekilde hissettiren sorun da bu nüfusun sürekli değişen ve artan kullanma suyu gereksinimidir. Zaten sınırlı olan su kaynaklarının ve sürekli artış gösteren evsel ve endüstriyel amaçlı su kullanım gereksinimlerinin karşılanabilmesi için uzun vadeli programlar kapsamında bu su kaynaklarının her türlü kirlenmeden korunmasının yanı sıra, atık suların geri kazanılması ve yeniden kullanımı da gün geçtikçe daha fazla önem kazanmakta ve bu konuda yoğun araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılmaktadır. Sunulacak tebliğde dünyada ve ülkemizde çeşitli amaçlar için kullanılan su miktarları gösterilmekte, atık suların geri kazanılması, özellikle artırılmış atık suların sulama amaçlı kullanılabilirliğiyle ilgili yapılan çalışmalar örnek bir proje çalışmasıyla açıklanmakta ve öneriler sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Su kullanımı, atık su geri kazanma, yeniden kullanma, yönetmelik, öneri.

1. GİRİŞ

Modern toplumların üşmesinde en önemli Dikenlerden birisi de bol ve yeterli miktarda içme ve kullanma suyu kullanımıdır. Su gereksinimi, toplumun kültürel ve sosyoekonomik yapısına, coğrafik özelliklere ve mevsimlere göre değişiklik göstermektedir. Dünya nüfusunun yıllık su gereksinimi kişi başına takribi 350 m³'tür. Bunun 30 m³'ü evsel, 20 m³'ü endüstriyel ve 300 m³'ü de tarımsal su gereksinimi olduğu belirtilmektedir. Bu tahminlere göre dünyamızın mevcut su potansiyeli takribi 25 milyar nüfusa yetecek kadardır. Kirlenme nedeniyle kişi başına yılda 350 m³ su kullanılamaz duruma gelmektedir. Bu durumda kişi başına su gereksinimi 700 m³ değerine ulaşmakta ve mevcut su miktarı ancak 13 milyar insanın gereksinimlerini karşılayacaktır. 2000 yılında dünya nüfusunun 10 milyara yükseleceği düşünülürse, insanların susuzluk sorunuyla karşı karşıya kalacağı kaçınılmazdır (Orhon, D., Tünay, O., 1991).

Ülkemizin toplam kullanılabilir su potansiyeli 104.5 milyar m³/yıl'dır. Akarsular, göller ve yeraltı su kaynaklarından oluşan bu miktarın çeşitli amaçlar için kullanım oranı şematik olarak şekil 1'de gösterilmiştir (Türkman, A., 1993).

1981 yılı bulgularına göre, ülkemizde kullanılan tatlı su miktarı 11.8 milyar m³/yıl olup, 1.6 milyar m³/ yıl içme ve kullanmada, 9 milyar m³/yıl sulamada, 1.2 milyar m³/yıl ise sanayi de kullanılmaktadır (Abidoğlu, 1981). Kullanılan bu su miktarının 4 milyar m³'lük kısmı yeraltı suyundan karşılandığından, toplam tüketilen su miktarı içinde yeraltı suyunun katkısı %34 oranındadır (Öziş, 1981)

Gerek ülkemiz gerekse birçok diğer ülkeler henüz yeterli ve sağlıklı içme ve kullanma suyuna sahip değildir. Sınırlı olan su kaynaklarımızın ve sürekli artış gösteren su gereksinimlerinin karşılanabilmesi için atık suların geri kazanılması ve yeniden kullanılması sorunu gün geçtikçe daha da fazla önem kazanmaktadır.

Bu nedenle, tebliği de dünyada ve ülkemizde çeşitli amaçlar için tüketilen su miktarları tablolar halinde verilmekte (Toprak, H., 1994) ve ülkemizde atık suların geri kazanılması ve yeniden kullanımına yönelik uygulamalar açıklanmakta ve öneriler sunulmaktadır.

bakınız: 17

2. SU KULLANIMI

Kentsel su tüketimi dört ana gruba ayrılabilir; evsel kullanım, ticari ve endüstriyel kullanım, halk ve kent için kullanım ve sistem kayıpları.

2. 1 . Evsel Su Kullanımı

Evsel su tüketimi, insanların evlerdeki gereksinimlerini okul, enstitü, üniversite ve alışveriş merkezlerindeki tüketimlerini içermektedir.

İller Bankası Yönetmeliğine göre bir kişinin su gereksinimi nüfusa bağlı olarak hesaplanmaktadır. (İller Bank. Yönet., 1985).

2010 yılına kadar İstanbul için esas alınan birim su gereksinim değerleri

Beyoğlu : 220-315 l./kişi.gün

Eski İstanbul : 155-290 l./kişi.gün

Anadolu Kesimi : 147-245 l./kişi.gün'dür.

Tablo 1. ABD'de Su Tüketim Miktarları				
Tüketim	Birim	Arahk	Ortalama	Yüzdesi
Evsel	Litre/kişi/gün	150 - 480	220	36.7
Ticari ve Endüstriyel	Litre/kişi/gün	40 - 400	260	43.3
Halk ve kent için tüketim	Litre/kişi/gün	20 - 80	30	5.0
Sistem kayıpları	Litre/kişi/gün	40 - 160	90	15.0
Toplam	Litre/kişi/gün	250 - 1120	600	100.0

Tablo 2. Türkiye ve Almanya'da Kişi Başına Günlük Su Gereksinim Miktarları			
Türkiye		Almanya	
Nüfus (Kişi)	litre/kişi/gün	Nüfus (Kişi)	litre/kişi/gün
< 3000	60	< 5000	80 - 120
3000 - 5000	60 - 70	5000 - 20000	120 - 150
5000 - 10000	70 - 80	20000 - 100000	150 - 200
10000 - 30000	80 - 100	100000 - 500000	200 - 275
30000 - 50000	100 - 120	> 500000	275 - 400
50000 - 100000	120 - 170		
> 100000	> 170		

Ortalama evsel su gereksinimi aşağıda verilen denklem ile hesaplanabilir.

$$Q_e = (N \cdot q) / 86400 \quad (1)$$

Q_c: Ortalama su gereksinimi (l./sn)

N : Gelecekteki nüfus (kişi)

q : Birim su gereksinimi (l./kişi .gün)

Ortalama hayvansal su gereksiniminin hesaplanmasında kullanılan denklem

$$Q_h = (q_{kb} \cdot N_{kb} + q_{bb} \cdot N_{bb}) / 86400 \quad (2)$$

Q_h: Ortalama hayvansal su gereksinimi (l./sn),

q_{kb}, q_{bb} : Sırasıyla küçükbaş ve büyükbaş hayvan için gerekli su miktarı (15 ve 50 l./adet.gün),

N_{kb}, N_{bb} : Küçükbaş ve büyükbaş hayvan sayısı (adet).

2.2. Yerleşim Alanları İçin Su Tüketimi

Konutlara verilen su miktarı 150-480 l./kişi/gün arasında değişmektedir. Evsel kullanım amaçlarına göre su tüketimleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. ABD'de Evsel Su Tüketim Kaynakları ve Su Tüketim Miktarları		
Kullanım Amacı	Litre/kişi/gün/	Toplamın Yüzdesi
El ve vücut temizliği	75	34.1
Mutfak	16	7.3
İçme	10	4.5
Tuvalet	88	40.0
Çamaşır yıkama	16	7.3
Ev temizliği	3	1.4
Bahçe sulama	10	4.5
Araba yıkama	2	0.9

2.3. Ticari ve Endüstriyel Su Tüketimi

Birim su tüketimi faaliyetin cinsine göre değişiklik göstermektedir. Tablo 4'de değişik yerler için su tüketim değerleri sunulmuştur.

Tablo 4. Ticari ve Endüstriyel Su Tüketim Miktarları.			
Yer	Birim	litre/kişi/gün	
		Aralık	Tipik
Ev	kişi	80-200	150
Otel	misafir	150-220	190
Motel	kişi	90-150	120
Mutfaklı motel	kişi	90-220	120
Ofis	çalışan	30-65	55
Genel tuvalet	kişi	10-25	15
Tuvaleti olan restoran	öğün	30-40	35
Apartman dairesi	kişi	80-200	150
Dükkan	kişi	30-80	40
Alış-veriş merkezi	çalışan	30-50	40
Tiyatro	koltuk	8-15	10
Otomobil servis istasyonu	araç	30-60	40
Bar ve kokteyl salonu	misafir	5-20	8
Havaalanı	yolcu	8-15	10

2.4. Kurumsal Su Tüketimi

Enstitü, okul ve kurumların su tüketimleri aşağıdaki Tablo 5'de sıralanmıştır.

Tablo 5. Kurumların Su Tüketim Miktarları			
Kurum	Birim	litre/kişi/gün	
		Aralık	Tipik
Okul (Kafeterya ve duşu sahip)	Öğrenci	60-120	80
Yatılı Okul	Öğrenci	200-400	280
Normal hastane	Yatak	500-1000	650
Akıl hastanesi	Yatak	300-550	400
Hapisane	Mahkum	300-600	450
Yaşlı Bakımevi	Yaşlı	200-450	350

2.5. Endüstriyel Su Tüketimi

Ortalama endüstriyel su gereksinimi aşağıda verilen denklem ile hesaplanabilir. (İller Bank. Yönet., 1985)

$$Q_s = (1000 \cdot q_s \cdot M_q) / 86400 \quad (3)$$

Q_s : Ortalama su gereksinimi (1./sn)

q_s : Ton başına üretim için su gereksinimi (m³/ton.ürün)

M_q : Günlük üretim (ton/gün)

Değişik sanayii kuruluşlarının üretimleriyle ilgili su tüketim miktarı Tablo 6'da gösterilmiştir.

3. ATIKSULARIN GERİ KAZANILMASI VE YENİDEN KULLANIMI

Dünya Sağlık Teşkilatı tarafından arıtılmış atık suların sulama suyu olarak kullanımı ile ilgili 1973 yılında önerdiği kalite kriterleri (WHO, 1973) o tarihten bu güne kadar toplanan epidemiyolojik bulgular çerçevesinde yeniden revize edilerek "Engelberg Raporu" olarak bilinen doküman yayınlanmıştır.

Ülkemizde arıtılmış atıksuların sulama suyu olarak kullanılmasıyla ilgili yasal mevzuat 7 Ocak 1991 tarihli ve 20748 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'nin 7. bölümünde verilmiştir. Tübitak ve üniversitelerde bu konuyla ilgili birçok çalışmalar yapıldığı ve yapılmakta olduğu bilinmektedir. TÜBİTAK-MAM-Enerji ve Çevre Araştırma Enstitüsünde, endüstriyel proje kapsamında yapılan "Tusaş Evsel Atıksu Arıtma Sistemi Deşarj Suyunun Sulama Amaçlı Kullanılabilirliğinin Saptanması" projesi örnek çalışma olarak sunulmaktadır. (TÜBİTAK-MAM., 1994)

Tablo 6. Endüstri Kuruluşlarında Su Tüketim Miktarları.		
Endüstri	Birim	Su Tüketimi
Rafineri	litre/m ³	585-1135
Tekstil/yün	litre/kg	530
Tekstil/pamuk	litre/kg	320
Tekstil/sentetik	litre/kg	125
Et kesim	litre/kg	10
Tavuk kesim	litre/adet	30
Deri	litre/kg	90
Kağıt/kraft	litre/kg	145-205
Kağıt/sülfür	litre/kg	150-265
Süt/tereyağ	litre/kg	35-115
Süt/peynir	litre/kg	110-195
Süt/dondurma	litre/kg	50-100
Çelik	litre/kg	40
Konserve	m ³ /ton.ürün	4-70

4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Tusaş'a ait evsel atıksu arıtma sistemi deşarj suyu örneğinde ölçüm ve analizleri yapılan fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerin değerlendirilmesinde, 7 Ocak 1991 tarih, 20748 Sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği"nin arıtılmış atıksuların sulamada kullanılması bölümlerinde verilen Tablo 4: Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterleri, Tablo 5: Sulama sularında izin verilen maksimum ağır metal ve toksit elementlerin konsantrasyonları, Tablo 7: Endüstriyel atıksuların sulama suyu olarak kullanılmaya uygunluğu, Tablo 8: Arıtılmış evsel atıksuların dezenfekte edilmeden sulamada kullanılıp kullanılmayacağı, sulama suyu kalite standartları esas alınmıştır.

Elektriksel iletkenlik ve sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) esas alınarak deşarj suyunun sulama suyu olarak sınıflandırılması yapılmıştır. Tusaş Mürted Tesislerine ait evsel atıksu arıtma sistemi deşarj suyunun sınıfı C,S, (III. sınıf) olarak belirlenmiştir. Buna göre antma sistemi deşarj suyu çevre sulama amaçlı (çim, ağaç) kullanılabilir özellikle olduğu görülmektedir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin, atıksuların sulamada kullanımı ile ilgili bölümünde (madde 28). Bir atıksu kütlesinin bu tür kullanımlara uygunluğu ilgili kamu kuruluşları olan DSİ Genel Müdürlüğü, İller Bankası Genel Müdürlüğü ve Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı'nın ilgili birimleri ile birlikte alacağı kararlar belirlenir şeklinde belirtilmektedir. Bu nedenle gerekli iznin alınabilmesi için ilgili kurumun bu raporla birlikte yukarıda belirtilen kuruluşlara başvuruda bulunulması önerilmiştir.

bakınız: 23

5. ARITILMIŞ ATIKSU KAYNAKLARI

Evsel ve sanayii atıksuları, sulama fazlası ve drenaj suları yeniden kullanılabilir atıksu kaynaklarıdır. Sanayii atıksuları gerek sanayii ve gerekse diğer kullanım amaçları ile önemli bir kaynaktır. Bu arıtılmış atıksular, sanayide soğutma veya proses suyu olarak yeniden kullanılabilir. Ülkemizde sanayii atıksularının yeniden kullanımı tekstil, kağıt ve metal sanayii gibi çok su tüketen sektörlerde uygulanmaya başlamıştır. Özellikle İstanbul ve civarındaki sanayii kuruluşlarında yeterli suyun olmaması, su temininde karşılaşılan güçlükler, su ve atıksu ücretlerindeki hızlı artışlar, atıksuların yeniden kullanımı konusunun gündeme gelmesine neden olmuştur. Bu nedenle bazı kuruluşlar atıksularını arıtarak yeniden kullanmaya başlamışlardır.

Atıksuların yeniden kullanımında çözünmüş katı madde konsantrasyonu sınırlayıcı parametre olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla atıksulardan daha fazla oranlarda yararlanmak istenildiğinde, yeniden kullanım dolaşımının oluşturacağı çözünmüş katı madde limitlerindeki artışların sürekli olarak izlenmesi gerekmektedir. Geri kazanılabilecek atıksu oranı aşağıda verilen formüle göre hesaplanabilir (B.Ü semp. 1994)

$$\frac{I}{R} = 1 + \frac{C}{C_L - C_0}$$

R-geri kazanılabilecek maksimum atıksu oranı,

CL-suyun proses ünitelerinde kullanılabilmesi için müsaade edilen maksimum konsantrasyonu,

Co-CL parametresinin temiz sudaki konsantrasyonu,

* C-bir dolaşım su kullanımı için konsantrasyon artışıdır.

Proses ve arıtma işlemlerindeki su kayıplarından dolayı pratikte geri kazanma oranları %80-85 aralığında gerçekleşmektedir.

Ülkemizde kimyasal ve biyolojik arıtma konularında belirli bir bilgi ve tecrübe birikimi olurken, ileri arıtma teknolojilerinden aktif karbon, iyon değiştirme kolonları ve membran prosesleri için aynı şeyi söylemek mümkün değildir. Sürekli artış gösteren su ve atıksu ücretleri bazı sanayii kuruluşlarını ileri arıtma teknolojisi kullanmalarını teşvik etmiştir.

6. ATIKSULARIN YENİDEN KULLANIM ALANLARI

Ülkemiz için geri kazanılan atıksuların öncelikli yeniden kullanım alanları,

* Tarımsal sulama, park ve bahçe sulaması,

* Sanayii soğutma ve proses suyu olarak kullanılması,

* Yeraltı sularının suni olarak beslenmesidir. Yakın tarihe kadar ülkemizde atıksu toplanması ve uzaklaştırılmasına ait projeler, yeniden kulluna ve seçenekleri dikkate alınmadan yapılmış ve «y-gulamaya konulmuştur. Özellikle son yıllardaki su ve atıksu ücretlerindeki hızlı yükselişler ve s* teminindeki sıkıntılar, arıtma tesisi proje geri kazanma birimlerini de ilave edilir getirmiştir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Atıksuların geri kadar yapılan çalışmalar, arıtılmış atıksuların yeniden kullanımını düzenleyecek yasal mevzuatın daha fazla vakit geçirmeden süratle hazırlanıp yürürlüğe konulması gerektiğini göstermiştir.

* Ocak 1991 tarihli Teknik Usuller Tebliği ile arıtılmış atıksuların sulama amaçlı kullanılması kısmi kontrol altına alınmasına rağmen, yönetmelikte öngörülen kalite kriterlerinin yeterli olduğu söylenemez.

* Bakiye klor miktarı sulama suları için önemli bir kalite parametresi olduğundan yönetmeliğe dahil edilmelidir.

* Engelberg raporunda (IRCWD, 1985) atıksuların halk sağlığı açısından değerlendirilmesinde parazit yumurtalar için getirilen limitler yönetmeliğe de yansmalıdır.

* Arıtılmış atıksuların dezenfekte edilmeden sulamada kullanılıp kullanılmayacağına karar vermek için hazırlanmış bulunan Tablo 8'de (7 Ocak 1991 tarih, 20748 Sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan) önerilerin gerekçeleri açıklanmalıdır.

* Amerika ve gelişmiş Avrupa ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de arıtılmış suyun ne amaçla kullanılacağı hususunun belirlenmesinin bir an önce yapılması gereklidir.

* Su sıkıntısı bulunan bölgelerde üretim proseslerindeki yıkama sularını ve arıtılmış atık-suları geri kazanıp, yeniden kullanmak zorunlu hale gelmiştir. Avrupa'da olduğu gibi, ülkemizde de çevre yasaları kapsamında, kuruluşlar atıksularını geri kazanmaya zorlanmalı ve teşvik edilmelidir.

* Geri kazanma ve yeniden kullanma tesisleri için ön görülen kalite kriterlerinin bugüne kadar toplanan bulguların ışığı altında yeniden gözden geçirilip, gerekli düzenlemeler yapılmalıdır.

* Atıksuların geri kazanılarak yeniden kullanımını düzenleyen mevzuat ayrıntılı olarak öncelikle hazırlanıp yürürlüğe konulmalı, mevcut mevzuat ise son gelişmelere göre yeniden revize edilmelidir.

* Ülkemiz şartlarına özgü, güvenilir ve ekonomik arıtma teknolojilerinin geliştirilmesi teşvik edilmelidir.

8. KAYNAKLAR

APHA, AWWA, WPCF, Standart Methods For The Examination Water And Wastewater, löth.Edition, 1989.

Bogoef, S., Papazof, İ., Kabakçieva,E., Pre çistvane na Promişlenni Otpadıçni vodi, Technica, Sofya, 1978.

Civan, Z., Kavaklı, M., Tusaş Eysel Atıksu Arıtma Sistemi Deşarj Suyunun Sulama Amaçlı Kullanılabilirliğinin Saptanması Proje Raporu, TÜBİTAK-MAM-Enerji ve Çevre Araştırma Enstitüsü, Proje Kod No: T8 93 04 E/35 Gebze/KOCAELİ.

IRCWD; Health Aspacts of Waste Water and Exc reta Use in Agriculture and Aqaculture, Referans Centre for Wastes Disposal, Dubendorf, Switzerland.

İSO-SKATMK, 1991, Endüstriyel Atıksuların Ön Arıtılması, Teknoloji İletimi Semineri No: 1

İller Bankası, Şehir, Kasaba ve İçme Suyu Projelerinin Hazırlanmasına Ait Yönetmelik, Ankara, 1985.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usûller Tebliği Resmi Gazete; 7 Ocak 1991, Sayı 20748.

Orlowskiy, Z., Oçistka Stoçnih Vod za Rubejom, Stroyizdat, Moskova, 1974.

Toprak, H., Atıksu Arıtma Sistemlerinin Tasarım Esasları, Cilt I. 1994.

Türkiye'de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu II. Cilt, Boğaziçi Üniversitesi, 1991.

Türkman, A., Çevremiz ve Biz. DEÜ, 1993.

WPCF, Water Reuse Mannal of Practice SM-3, 1989.

* Bu Makale, Su ve Çevre Sempozyumu (Haziran 1997, İstanbul) Bildiriler Kitabı'ndan Alınmıştır.