

TARIMSAL ATIK SULARIN SULAMADA YENİDEN KULLANILMASI

Prof. Dr. Engin YURTSEVEN¹, Prof. Dr. Belgin ÇAKMAK¹
Dr.G. Duygu KESMEZ¹, Yrd.Doç.Dr.H. Eylem POLAT²

ÖZET

Çoğu ülkelerde, su kaynaklarına olan arzı karşılayabilmek için, su sıkıntısı bulunmayan ülkeler de dahil olmak üzere, atık suyun arıtımı ve yeniden kullanımı çalışmaları başlatılmıştır. Bu alanda ABD, İsrail, Batı Avrupa ve Avustralya gibi ülkeler başı çekmektedir (Miller 2006). Atıksu arıtımı ve yeniden kullanımı, su tasarrufu ve artan su ihtiyacını karşılamada etkin bir yöntem haline gelmiştir. Uzun yıllardan beri atıksu tahliyesi akarsularda minimum akışın sağlanabilmesinde önemli bir kaynak olarak kabul edilmektedir. Bunun yanında su kaynakları sınırlandıkça, arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı, peyzaj ve tarımsal sulama da dahil olmak üzere bir çok alanda alternatif kaynak haline almıştır. Su ıslahı ve yeniden kullanımı ile ilgili teknolojiler günümüzde geniş alanlarda uygulanabilmektedir. Suyun yeniden kullanımı için arıtma gündeme geldiğinde bu suyun kullanım amacı için uygun olup olmadığı asıl sorun haline gelmektedir. Özellikle sulama alanlarında meyve ve sebze yetiştiriciliğinde yüksek seviyede arıtma işlemi ve güvenilirlik gerekirken suyun diğer kullanımlarında aynı duyarlılık gösterilmemektedir. Atıksuyun boşalım noktası da dahil olmak üzere suyun ulaştığı ve kullanılacağı amaca yönelik olarak bir takım standartların ortaya konması gerekmektedir. Kimyasal, biyolojik ve fiziksel parametreler olarak ortaya koyabileceğimiz standartlarda atık suyun yeniden kullanımında sulama yöntemi ve yetiştirilecek bitki deseni de göz önüne alınmalıdır. Bu çalışmada arıtma yöntemleri, uygulanabilirlikleri ve su tasarrufu bağlamında Türkiye’de arıtılmış atık suyun sulamada tekrar kullanılmasında karşılaşılabilecek sorunlar ve çözüm önerileri üzerinde durulacaktır.

Anahtar Kelimeler; Atık Su, Arıtılmış Atık Su, Sulama, Su Tasarrufu, Su Kalitesi

1.GİRİŞ

Günümüzde iklim değişikliği su kaynakları üzerinde yeni bir paydaş haline almıştır. Eğer iklim değişikliği ülke su kaynaklarındaki azalma olarak ifade edilirse, iklim değişikliğini su kullanımı açısından yeni bir tüketici sektör olarak ele alabiliriz (IPPC 2007) . Bazı yörelerde yıllık yağışlarda artış olmasına rağmen bu yağışlar daha çok kış yağışları şeklinde tarım için uygun olmayan dönemlerde artarken tarımın yapıldığı dönemlerde kuraklık baş göstermektedir. Bununla birlikte iklim değişikliği yalnızca kuraklık değil, aynı zamanda tarım alanlarını etkileyen taşkın ve seller de özellikle Avrupa’da 1973 ve 2002 yılları arasında önemli artış göstermiştir.

Alcamo ve ark. (2007) yaptıkları bir çalışmada altı Avrupa ülkesinin 2070 yılı için iklim değişikliği nedeni ile su tüketimindeki artışı tahmin etmişlerdir. Fransa, İspanya, İtalya, Yunanistan, Ukrayna ve Türkiye’yi de içine alan bu çalışma da özellikle ülkemiz için çarpıcı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Araştırma sonucuna göre ele alınan bu altı ülke içinde iklim değişikliğinden su kullanımı açısından en çok etkilenecek ülkenin Türkiye olacağı saptanmıştır. Ülkemizde bugün tüketilen sudan daha fazlasını 2070 yılında yalnızca iklim değişikliği nedeni ile tüketileceği öngörülmüştür.

İklim değişikliği aynı zamanda su kalitesini de etkilemektedir. Artan su sıcaklığı su yüzeylerinde kimyasal ve biyolojik aktiviteleri etkilemekte, azalan su debisi nedeni ile su içindeki çözülmüş maddelerin konsantrasyonları artmakta ve toprak yapısında değişikliklere neden olmaktadır.

¹ Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü.

² Kastamonu Üniversitesi Kastamonu Meslek Yüksek Okulu

Su, günümüze kadar, tükenmeyen bir kaynak olarak kabul edilmekteydi. Ancak, su kalitesinde ve miktarında azalma ile ortaya çıkan artan su kısıtı, son yıllarda büyük sorun haline gelmeye başlamıştır. Tüm Avrupa nüfusunun %70'ine tekabül eden, Avrupa'da ki ülkelerin yarısını kapsayan alan bugün su stresi ile karşı karşıyadır (Hochstrat ve Wintgens, 2003).

Su stres indeksi, bir ülkenin toplam kullandığı suyun toplam yenilenebilir tatlı suyuna oranı olarak ifade edilir ve su kaynakları üzerine olan baskının ifadesinde bir belirteç olarak kullanılır. Yüzde 10'dan küçük değerler düşük stres faktörünü, %10-20 gelişme için sınırlayıcı ve bazı yatırımların yapılması gerekliliğini göstermektedir. Yüzde 20'den yüksek su stresi indeksinde ise arzı ve talebi dengelemek için geniş çaplı önlemlerin alınması gerekliliğini ve rekabet halindeki kullanıcıların anlaşmazlığını çözecek adımların atılması gerekliliğini ifade etmektedir (OECD, 2003). Tüm Avrupa ülkelerini kapsayan bir çalışmada (Hochstrat ve Wintgens, 2003), ülkemiz için su stresi indeksi değeri yaklaşık %19 olarak bulunmuştur. Kıbrıs %66 ile en yüksek değere sahip iken Norveç %1 ile en düşük değere sahip bulunmuştur. Sözü edilen çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde, ülkemiz için ortaya çıkan su stres indeksi değeri %19 gibi oldukça yüksek bir değere ulaştığı göz önüne alınırsa, su tasarrufu tedbirlerini de içine alan bir takım ivedi önlemlerin alınması gerekliliği yargısına varmak zor değildir.

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2008 yılı verilerine göre, Türkiye'de 28×10^6 ha olan toplam tarım alanlarının 25.75×10^6 ha'sı sulanabilir özelliktedir. Diğer yandan, tüketici amaçlarla yararlanılabilecek su kaynakları potansiyeli yıllık toplam 112.9×10^9 m³'tür ve bunun ancak 72×10^9 m³'ü tarımsal sulamada kullanılabilir. Bu miktar ile 8.5×10^6 ha alanın sulanması hedeflenmektedir. Ayrıca, Türkiye'de sulama sistemi kurulmuş alan 5.28×10^6 ha'dır Bunun %92'de yüzey sulama, %7 yağmurlama ve %3'de damla sulama uygulanmaktadır (Anonim 2008a). Şekil 1'de Türkiye'nin arazi kullanımı özetlenmektedir. Sulamaya ayrılabilir su kaynakları potansiyeli ve mevcut durumdaki sulama yöntemlerinin uygulama oranları göz önüne alındığında, diğer bir anlatımla, Türkiye'de halen uygulanan sulama teknolojileri iyileştirilmediğinde, hedeflenen 8.5×10^6 ha alanın sulanması olası değildir (Yıldırım 2008).

Çizelge 1'de, 2000 yılı'nda Devlet Su İşleri tarafından sulanan alanlar, havzalar bazında özetlenmiştir. Bu sulamaların büyük bir kısmı Devlet Su İşleri tarafından özel sektöre veya çiftçiye devredilmiştir.

Çizelge 1. Havzalar Bazında Sulanan Alan Miktarları (2009) (www.dsi.gov.tr)

| Havza Adı | Yağış Alanı (km ²) | Ortalama yıllık Akış (km ³) | Potansiyel iştirak oranı | Ortalama yıllık verim (l/s/km ²) |
|-----------------------------|--------------------------------|---|--------------------------|--|
| (26) Fırat – Dicle Havzası | 184 918 | 52,94 | 28,4 | 21,4 |
| (22) Doğu Karadeniz Havzası | 24 077 | 14,90 | 8,0 | 19,5 |
| (17) Doğu Akdeniz Havzası | 22 048 | 11,07 | 6,0 | 15,6 |
| (09) Antalya Havzası | 19 577 | 11,06 | 5,9 | 24,2 |
| (13) Batı Karadeniz Havzası | 29 598 | 9,93 | 5,3 | 10,6 |
| (08) Batı Akdeniz Havzası | 20 953 | 8,93 | 4,8 | 12,4 |
| (02) Marmara Havzası | 24 100 | 8,33 | 4,5 | 11,0 |
| (18) Seyhan Havzası | 20 450 | 8,01 | 4,3 | 12,3 |
| (20) Ceyhan Havzası | 21 982 | 7,18 | 3,9 | 10,7 |
| (15) Kızılırmak Havzası | 78 180 | 6,48 | 3,5 | 2,6 |
| (12) Sakarya Havzası | 58 160 | 6,40 | 3,4 | 3,6 |
| (23) Çoruh Havzası | 19 872 | 6,30 | 3,4 | 10,1 |
| (14) Yeşilirmak Havzası | 36 114 | 5,80 | 3,1 | 5,1 |
| (03) Susurluk Havzası | 22 399 | 5,43 | 2,9 | 7,2 |
| (24) Aras Havzası | 27 548 | 4,63 | 2,5 | 5,3 |
| (16) Konya Kapalı Havzası | 53 850 | 4,52 | 2,4 | 2,5 |
| (07) Büyük Menderes Havzası | 24 976 | 3,03 | 1,6 | 3,9 |
| (25) Van Gölü Havzası | 19 405 | 2,39 | 1,3 | 5,0 |
| (04) Kuzey Ege Havzası | 10 003 | 2,90 | 1,1 | 7,4 |

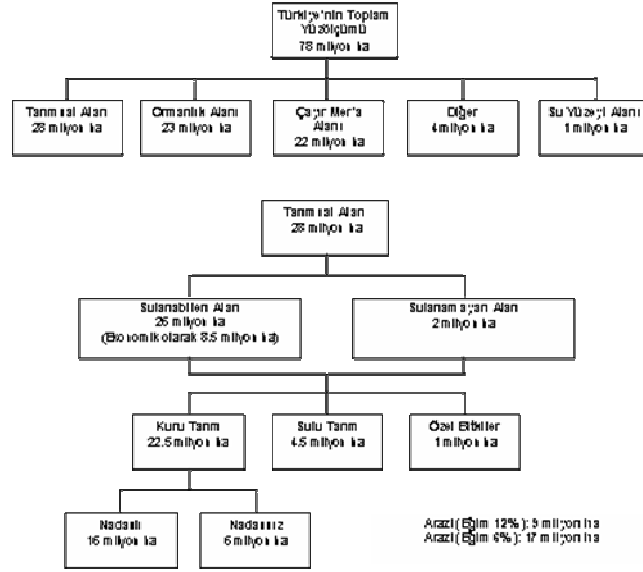
Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi

| Havza Adı | Yağış Alanı (km ²) | Ortalama yıllık Akış (km ³) | Potansiyel iştirak oranı | Ortalama yıllık verim (l/s/km ²) |
|-----------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------|---|
| (05) Gediz Havzası | 18 000 | 1,95 | 1,1 | 3,6 |
| (01) Meriç-Ergene Havzası | 14 560 | 1,33 | 0,7 | 2,9 |
| (06) Küçük Menderes Havzası | 6 907 | 1,19 | 0,6 | 5,3 |
| (19) Asi Havzası | 7 796 | 1,17 | 0,6 | 3,4 |
| (10) Burdur Göller Havzası | 6 374 | 0,50 | 0,3 | 1,8 |
| (11) Akarçay Havzası | 7 605 | 0,49 | 0,3 | 1,9 |
| TOPLAM | 779 452 | 186,86 | 100 | |

Not: 1 km³ = 1 milyar m³

Tuzluluk değerlerine göre, nehirlerimizin % 85.5'i, 0.7 dS/m'den düşük tuzluluğa, %13'ü 0.7-2.0 dS/m arasında ve %15'i de 2.0 dS/m'den büyük tuzluluğa sahiptir. Ülkemiz nehirlerinin büyük bölümü FAO su kalitesi kriterlerine göre (Rhoades et al.1992), tuzluluk açısından sorunsuz olarak nitelendirilmektedir. Buna karşın Ergene Nehri, Büyük Menderes Nehri, Banaz çayı, Porsuk çayı, Sakarya nehri, Karanlık dere, Asi nehri ve Oltu suyu kaynakları, ikinci sınıf-az tuzlu gruba dahil olmaktadır. Kızılırmak nehri suyu ise 2.4 dS/m'lik yıllık ortalama tuzluluk değeri ile nehir kaynaklarımızın en tuzlu suya sahip olanıdır ve üçüncü sınıf-orta tuzludur (Kendirli ve Benli, 2001). Türkiye'de il toprak kaynakları envanterine göre, yaklaşık 1.5 milyon hektarda tuzluluk ve alkalilik sorunu bulunmaktadır. Bu, sulamaya uygun arazilerin yaklaşık % 32.5'ine denktir (Kanber vd. 2005). Su kaynakları tüketim paydaşları arasında tarım en yüksek orana sahiptir. Ülkemizde su kaynaklarının toplam tüketiminde tarım sektörü en büyük paydaş olarak yer almaktadır.

Sulanan alanların artırılması hedeflenirken, sulama suyu kaynakları aynı kalmakta hatta son yıllarda çevre kirliliği ve doğal dengenin bozulması sonucu, dünya ısısında yükselme ve bazı bölgelerde, özellikle Akdeniz ülkelerinde, düşük yağışlar nedeniyle su kaynaklarında azalma gözlenmektedir (Çakmak vd., 2005). Türkiye'nin su kaynakları, toprak potansiyeline göre oldukça sınırlıdır. O nedenle su, sulanabilir alanların genişletilebilme olanağının bulunması karşısında, bitkisel üretimi sınırlayan en önemli etmen sayılmaktadır. Sorunun çözümü için ya havzalar arası su iletimi gibi çok pahalı yatırımlara gidilmeli; ya da atık su kullanımı özendirilmeli, sulama sistemlerinin işletilmesinde kısıntılı ve iklimin uygun olduğu yerlerde tamamlayıcı sulama teknikleri kullanılmalıdır; bunlarla ilgili araştırma ve planlamalar şimdiden yapılmalıdır (Çakmak ve Kendirli 2002; Kanber ve Ünlü, 2008). Ancak, su kullanımındaki artış, çok önemli sorunlara neden olmaktadır. Örneğin, yer altı su kaynakları tükenmekte, diğer su ekosistemleri kirlenmekte ve bozulmakta; ayrıca sulu tarımda birçok çevresel sorun ortaya çıkmaktadır. Öyle ki, yenilenebilir bir doğal kaynak sayılan su, sınırlı alanlarda bu özelliğini kaybetmek gibi çok tehlikeli bir özellik



Şekil 1. Türkiye'de arazi kullanımı (www.dsi.gov.tr)

kazanmaktadır. Açıklanan durumun bir sonucu olarak, yeni su kaynaklarının sağlanması ve geliştirilmesi, çok pahalı hatta olanaksız hale gelmektedir. Daha kötüsü, toplumun çoğunluğu, gelecekte, yeterli gıda üretiminde suyun engelleyici etmen olacağı konusu ile ilgilenmemektedir (Çakmak ve Kendirli, 2001;IFPRI, 2004).

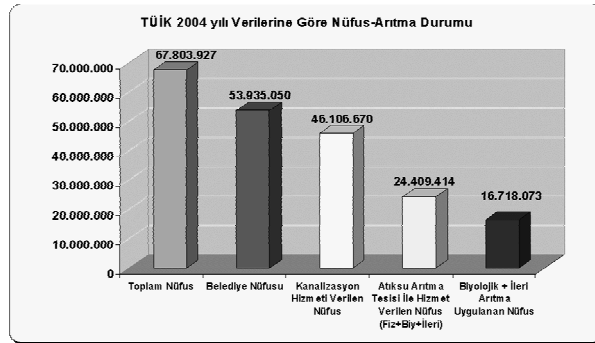
Atık suların yeniden kullanımı diğer birçok ülkede olduğu gibi, ülkemizde de artan bir ilgi görmektedir. Ayrıca, atıksu ile sulama, yüzey ve yer altı sularına doğrudan boşaltılarak oluşturulan kirliliği minimize etmek açısından, çevresel bağlamda atık yönetimi olarak görülmektedir (Mohammad ve Mazahreh, 2003). Bunun yanında, atıksu, bitki besin ve organik madde açısından, kurak alanlarda, gübreleme ve verimliliği korumak açısından değerli bir kaynaktır. Ancak, atıksu uygun biçimde arıtılmaz ve yönetilmezse, sulamada yeniden kullanımı çevresel problemleri de beraberinde getirebilir (Weber et al., 1996; Kızıoğlu vd. 2008).

2. ÜLKEMİZDE ATIK SU YÖNETİMİ

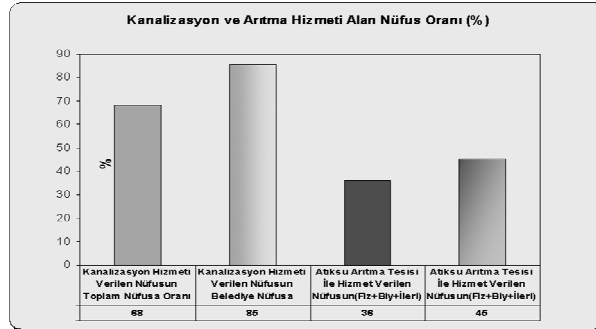
Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2006 verilerine göre, Türkiye'de toplam belediye sayısı 3225, atık su arıtma tesisi ile hizmet veren belediye sayısı 362 adettir. Türkiye'de atık su arıtma tesisi sayısı 184 adet, bunların 26 adetinde fiziksel, 135 adetinde biyolojik ve 23 adetinde gelişmiş arıtma sistemleri kullanılmaktadır. 2006 yılında kanalizasyon şebekeleri ile toplanan $3,37 \times 10^9$ m³ atıksuyun %45,2'si denize, %41,9'u akarsuya, %3,6'sı baraja, %3,6'sı araziye, %1,4'ü göl-gölete ve %4,3'ü diğer alıcı ortamlara deşarj edilmiştir. Türkiye'de kanalizasyon şebekesine deşarj edilen $2,77 \times 10^9$ m³ atıksuyun $1,68 \times 10^9$ m³'ü atıksu arıtma tesislerinde arıtılmaktadır. Arıtılan atıksuyun %58,5'ine biyolojik, %28,3'üne fiziksel ve %13,2'sine ileri arıtma uygulanmaktadır. Ülkemizde Büyükşehir belediyelerinin 13'ünde atıksu arıtma tesisi mevcut olup, 3 tanesi ise inşaat ve/veya ihale aşamasındadır. 65 il belediyesinin 25'inde atıksu arıtma tesisi mevcuttur (Çizelge 2). Geriye kalan belediyeler atık sularını yakınındaki alıcı su ortamına arıtmadan vermektedir. Bu tür alıcı ortamların bazıları içme suyu ve sulama suyu olarak kullanılmaktadır. İçme ve kullanma su kaynaklarının kirlenmesi su kaynaklarının kısıtlanmasına neden olmaktadır (Anonim 2008b). Şekil 2'de 2004 yılı verilerine göre arıtma hizmetinin götürüldüğü nüfus özetlenmiştir. TÜİK 2004 verilerine göre, belediyeler ve özel sektör tarafından alıcı su ortamlarına verilen atıksuların %64'ü arıtılmaktadır. Arıtılan atık suyun %56,8'i denize, %1,3'ü göl ve gölete, %33'ü akarsulara, %0,6'sı araziye, %3,9'u baraja ve %4,4'ü ise diğer alıcı ortamlara deşarj edilmiştir.

Türkiye'de kanalizasyon hizmetlerinin yürütülmesinden sorumlu başlıca kurumlar, belediyeler, DSİ, İller Bankası ve büyükşehir belediyelerine bağlı su ve kanalizasyon genel müdürlükleridir. Kırsal kesimin kanalizasyon hizmetlerini gören Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün kaldırılmasının

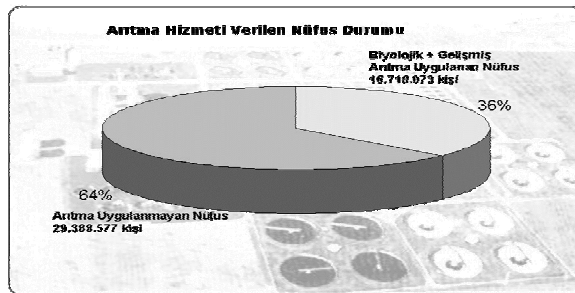
uygulamada ne gibi sonuçlar doğuracağı henüz belli değildir (TMMOB, 2005). Kırsal kesimde sorunları artıran bir diğer nokta da, yerleşim yerlerinin dağınıklığı ve hizmet bedelinin karşılanamamasıdır. Yukarıda değinildiği gibi, içme ve kullanma suyunda karşılaşılan sorunların benzerleri atıksu konusunda da karşımıza çıkmaktadır. Kentleşme ve nüfus hızını karşılayacak mali ve teknik gücün bulunamaması, kentleşmenin bir plan çerçevesinde gerçekleşmemesi, turizm ve göç hareketleriyle kimi yerleşim yerlerinin aşırı büyümesi, kurumlar arasında görev ve sorumlulukların çakışması ya da işbirliği ve eşgüdümün yeterince sağlanamaması, kaçak su nedeniyle hizmetin bedelinin tam olarak alınamaması bunlardandır. Şekil 3 ve Şekil 4'de kanalizasyon ve arıtma hizmetinden yararlanan nüfus dağılımları verilmiştir. Kuşkusuz, sektörde özelleştirme ve dış kaynaklı finansmanın artmasını da buna eklemek gerekir. Hizmeti sunmak için gereken işgücü ve malzemenin bir bölümünün de yurtdışından sağlandığı bu yöntemin 2-3 kat daha pahalıya mal olduğu hesaplanmaktadır (Çevre Mühendisleri Odası, 2005; DPT, 2007)



Şekil 2. TÜİK 2004 Verilerine Göre Arıtma Hizmetinin Verildiği Nüfus



Şekil 3. Kanalizasyon ve Arıtma Hizmetinden Yararlanan Nüfus Dağılımı

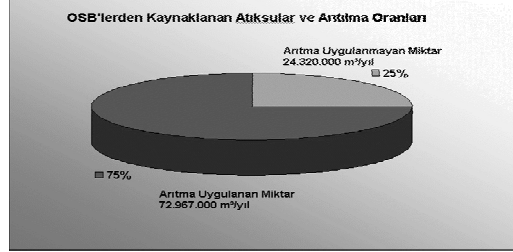


Şekil 4. Türkiye'de Arıtma Hizmeti Verilen Nüfusun Durumu

Ülkemizdeki endüstri kuruluşlarının %98'inde arıtma tesisi bulunmamaktadır. Arıtma tesisi bulunmayan bu kuruluşların %16'sı özel sektör, %84'ü ise kamu sektörüdür. Ülkemizde yılda 930×10^6 m³ toksik madde ve ağır metal içeren endüstriyel atıksu üretilmektedir (Çizelge 3).

Bu suların sadece % 22'si arıtmakta, %78'i ise arılmaksızın doğrudan göl, ırmak ve denizlere verilmektedir. Şekil 5'te OSB'lerinden kaynaklanan atık suların arıtılma durumları verilmiştir. Kontrolsüz yapılan bu deşarjlar sonunda yüzey sularımız kirlenmekte ve geri dönüşümü çok zor olan problemler ortaya çıkmaktadır (www.tuik.gov.tr).

Şekil 5. OSB'lerden Kaynaklanan Atık Suların Arıtılma Durumları.



Çizelge 2. TÜİK 2006 Verilerine Göre Ülkemizde Arıtma Tesisi Durumları, (Anonim 2008b).

| | |
|--|------------|
| 2007 Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemine göre toplam nüfus | 70 586 256 |
| Toplam belediye sayısı | 3 225 |
| Toplam belediye nüfusu | 58 581 515 |
| Anket uygulanan belediye sayısı | 3 225 |
| Kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen belediye sayısı | 2 321 |
| Kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen belediye nüfusu | 50 856 943 |
| Kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen nüfusun toplam nüfusa oranı (%) | 72 |
| Kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen nüfusun toplam belediye nüfusuna oranı (%) | 87 |
| Alıcı ortamlara göre şebekeden deşarj edilen atıksu miktarı (bin m³/yıl) | 3 366 894 |
| Deniz | 1 522 695 |
| Göl-Gölet | 46 415 |
| Akarsu | 1 410 614 |
| Arazi | 120 525 |
| Baraj | 121 532 |
| Diğer | 145 113 |
| Atıksu arıtma tesisi sayısı | 184 |
| Fiziksel | 26 |
| Biyolojik | 135 |
| Gelişmiş | 23 |
| Atıksu arıtma tesisi kapasitesi (bin m³/yıl) | 3 648 198 |
| Fiziksel | 1 329 470 |
| Biyolojik | 1 510 835 |
| Gelişmiş | 807 893 |
| Atıksu arıtma tesislerinde arıtılan atıksu miktarı (bin m³/yıl) | 2 140 494 |
| Fiziksel | 714 404 |
| Biyolojik | 926 581 |
| Gelişmiş | 499 509 |
| Atıksu arıtma tesisi ile hizmet verilen belediye sayısı | 362 |
| Atıksu arıtma tesisi ile hizmet verilen belediye nüfusu | 29 643 258 |
| Atıksu arıtma tesisi ile hizmet verilen nüfusun toplam nüfusa oranı (%) | 42 |
| Atıksu arıtma tesisi ile hizmet verilen nüfusun toplam belediye nüfusuna oranı (%) | 51 |

Çizelge 3. Organize Sanayi Bölgelerinde Oluşan Atıksu Miktarları, (TÜİK 2004).

| Organize Sanayi Bölgeleri (TÜİK 2004 Verileri) | | | |
|---|---|------------|---------------------|
| Toplam OSB Sayısı | : | 65 | Adet |
| Oluşan Toplam Atıksu Miktarı | : | 97.287.000 | m ³ /yıl |
| Aritılan Atıksu Miktarı | : | 72.967.000 | m ³ /yıl |

3. ATIK SU İLE İLGİLİ STANDARTLAR

Avrupa'da az sayıda ülke atık suyu ıslah etme ve yeniden kullanmaya ilişkin yönergeler ve kurallara ihtiyaç duymaktadır. Bunun birinci nedeni genellikle suyu yeniden kullanılmaması ve nehirlerinin yeterince seyreltme faktörüne sahip olmasıdır. Gelişmekte olan birçok ülkede ise çoğunlukla bu kanunlar çığ olarak tüketilen sebzelerin veya genel olarak yenebilen bitkilerin sulanmasında atık suyun kullanımını yasaklamakta ve sulama ve ürün hasadı arasında minimum bir zaman aralığı talep etmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) atık su kullanım potansiyelini ve risklerini fark etmiş ve bu amaçla atık suyun güvenli şekilde kullanımına ilişkin yönergeler geliştirmişlerdir. 1989'da hazırlanan yönergelerde WHO, daha önceleri bu konuyla ilgili belirlenen standartların, halkın sağlığını koruma anlamında gereğinden fazla yüksek standartlar olduğunu belirtmiş ve atık suyun topraktaki kullanımına pek değinmemiştir. Ancak bu sıralar WHO, atık suyun yeniden kullanım yönergelerine yeni revizyonlar eklemektedir. Genellikle insan ve halk sağlığı üzerinde odaklanan WHO yönergelerine zıt olarak, FAO suyun sulama için elverişliliğini değerlendirecek yeni bir alan geliştirmiştir. Verilen yönerge değerleri suyun kullanımıyla ilgili kısıtlamalardaki potansiyel problemlere değinmiştir: 1) tuz miktarı 2) Topraktaki suyun filtreleme oranı 3) Spesifik iyon toksikliği 4) diğer bazı etkiler. Yönerge, çiftlik ve proje yöneticilerine, danışmanlara ve mühendislere suyun kalitesiyle ilgili problemlere ilişkin rehberlik sağlamak amacıyla hazırlanmıştır (Özoguz, 2008). Ayrıca ülkemizde 1991 yılında yürürlüğe giren, su kirliliği kontrol yönetmeliği ve sulamada kullanılacak atıksuların kalite sınıfları Çizelge 4'de, toprak yapısına göre izin verilen ağır metal içerikleri Çizelge 5'de, teknik sınırlamalar ve prensipler Çizelge 6'da, sanayi tipine göre sulama suyu olarak kullanılabilirlik durumları Çizelge 7'de verilmiştir. Ülkemizin önemli tarım ve endüstri merkezlerini kapsayan akarsu havzalarında yer alan su kaynaklarının kalitesi, "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"nde belirtilen, "Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri" sınır değerleri baz alınarak sınıflandırıldığında, II. Sınıf (az kirlenmiş su) ve IV. Sınıf (çok kirlenmiş su) arasında değiştiği görülmektedir (Anonim 2009).

4. KIRSAL ALANDA ATIK SU ARITIMI İÇİN UYGUN ALTERNATİFLER

Atık su arıtım tesisleri, işletme ve bakım giderleri yanında, yapım maliyetinin yüksek olması açısından da, büyük yatırımlar gerektirmektedir. Arıtma yöntemlerinin genel yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir. Sınırlanmış yerel bütçeler ve yetersiz deneyim, gelişmekte olan ülkelerde, atıksu arıtım tesislerinin uygun işletilememesi ile sonuçlanmaktadır (Paraskevas et al., 2002). Bu nedenle, düşük nüfus yoğunluğuna sahip yerleşim yerlerinde, daha basit ve düşük maliyetli, merkezi olmayan sistemler hizmet edebilir (USEPA, 2005). Merkezi sistemlerin lağım ve pompaj maliyetlerinin yanında yüksek yatırım masrafları da bu sayede azaltılarak, atıksu sistemlerinin yönetim masrafları azaltılabilir. Gelişmekte olan ülkelerde, araştırma ve geliştirme çalışmalarının yetersizliği, yerel iklim ve fiziksel koşullar, finansal ve insan kaynakları bağlamında uygun olmayan teknolojilerin seçimine yol açmaktadır. ABD çevre koruma ajansı çalışmalarına göre, merkezi olmayan atıksu yönetim sistemleri, düşük nüfuslu yörelerde merkezi sistemlere kıyasla, maliyet etkinliği daha yüksektir. Ancak, merkezi olmayan sistemlerin etkinliği, düzenli denetim ve bakımın sağlandığı bir yönetim programının oluşturulmasına bağlıdır. Atık yönetiminde, toplama, arıtım ve imha üç temel bileşendir. Merkezi sistemlerle, özellikle düşük nüfus yoğunluğuna sahip bölgelerde, atık toplama maliyeti toplam maliyetin %60'ını kapsamaktadır (Hoover, 1999). Merkezi olmayan sistemlerin etkili şekilde kullanımı sayesinde, arıtılmış atıksular, kendi orijin su yatağına geri boşaltılacaktır (USEPA, 2005). En çok kullanılan merkezi olmayan arıtım sistemi, septik tank sistemleridir. Gelişmekte olan ülkeler için, çok

fazla teknik bilgi gerektirmeyen, 70'den fazla farklı sistem mevcuttur ve bunlardan herhangi biri belirli bir yöre için uygun olabilir (Ho, 2005).

Yapay sulak alanlar, yapım maliyeti ucuz oluşu nedeni ile gelişmekte olan ülkelerde kullanılabilir sistemlerdir. Bunun yanında, bu sistemlerin gelişmiş ülkelerde de gün geçtikçe popülaritesi artmaktadır (Grau, 1996). Günümüzde kirlenmenin boyutları, yalnız kentlerle sınırlı kalmayıp kırsal bölgelere de ulaştığından, arıtma sistemlerinin bu bölgelere de kurulmasını gerektirmektedir. Sağlıklı içme suyuna kavuşmuş olan köylerimizden, atık suların çevre ve insan sağlığına zarar vermeden uzaklaştırılmasını hedefleyen 'Doğal Arıtma Projesi' ile Yapay Sulak alanlarda atık su arıtma teknolojisi ülkemizde ilk defa köylerde uygulanmaya başlamıştır. İlk örnek çalışma, Ankara-Haymana-Dikilitaş Köyünde yürütülmeye başlanmıştır. 2003 yılında iki yerde pilot uygulama ile başlanan çalışmanın 189 tanesi tamamlanmıştır.

Aşağıdan yukarıya akışlı anaerobik çamur battaniyesi (AAÇB) reaktörleri, reaktörün hemen hemen yarısını kaplayan ve yüksek oranda çöktürebilen tanecik ve kitlelerden oluşan, atıkların (su veya tortul atık) anaerobik tortul atık yatağından yukarı doğru bir yol izlediği, dairesel veya dikdörtgen su tanklarından oluşur. Bu sıvının geçişi sırasında katı maddelerin ayrıştırılması ile arıtılma gerçekleşir ve daha sonra organik madde biyo-enerji ve tortul atığa dönüşür. Su ve katı madde parçacıkları (örneğin biyolojik tortul atık ve artık katılar) taşıyan üretilmiş biyo-enerjiye ait kabarcıklar, reaktörün üst kısmına gönderilir. Kabarcıklar, reaktörün üst kısmında bulunan gaz alıcı

Çizelge 4. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Sulama Suyu Kalite Sınıfları (Anonim 1991)

| Kalite kriterleri | Sulama suyu sınıfı | | | | |
|---|--------------------|----------|----------|-----------|------------|
| | I. | II. | III. | IV. | V. |
| EC ₂₅ X10 ⁶ | 0-50 | 250-750 | 750-2000 | 2000-3000 | > 3000 |
| % Na | < 20 | 20-40 | 40-60 | 60-80 | > 80 |
| SAR | < 10 | 10-18 | 18-26 | > 26 | - |
| RSC meq/l | >1.25 | 1.25-2.5 | > 2.5 | - | - |
| CF. meq/l | 0-4 | 4-7 | 7-12 | 12-20 | > 20 |
| SO ₄ ⁼ meq/l | 0-4 | 4-7 | 7-12 | 12-20 | > 20 |
| TSS .mg/l | 0-175 | 175-525 | 526-100 | 1400-2100 | > 2100 |
| B. mg/l | 0-0.5 | 0.5-1.12 | 1.12-2.0 | > 2.0 | - |
| NO ₃ ⁻ veya NH ₄ ⁺ mg/l | 0-5 | 5-10 | 10-30 | 30-50 | > 50 |
| Fekal Koliiform. 1/100 ml | 0-2 | 2-20 | 20-100 | 100-1000 | > 1000 |
| BO ₅ (mg/l) | 0-25 | 25-50 | 50-100 | 100-200 | > 200 |
| Askıda katı madde | 20 | 30 | 45 | 60 | > 100 |
| pH | 6.5-8.5 | 6.5-8.5 | 6.5-8.5 | 6-9 | <6 veya >9 |
| Sıcaklık | 30 | 30 | 35 | 40 | >40 |

Çizelge 5. Sulama Sularında İzin Verilen Ağır Metal İçerikleri (Anonim 1991).

| Elementler | Birim alana verilebilecek | İzin verilen maksimum konsantrasyonlar | |
|----------------|---------------------------|--|----------------------------|
| | | Her türlü zeminde sürekli | pH değeri 6,0-8,5 arasında |
| Alüminyum (Al) | 4600 | 5.0 | 20.0 |
| Arsenik (As) | 90 | 0.1 | 2.0 |
| Berilyum(Be) | 90 | 0.1 | 0.5 |
| Bor (B) | 680 | - | 2.0 |
| Kadmivum (Cd) | 9 | 0.01 | 0.05 |
| Krom (Cr) | 90 | 0.1 | 1.0 |
| Kobalt (Co) | 45 | 0.05 | 5.0 |
| Bakır (Cu) | 190 | 0.2 | 5.0 |
| Florür (F) | 920 | 1.0 | 15.0 |
| Demir (Fe) | 4600 | 5.0 | 20.0 |
| Kurşun (Pb) | 4600 | 5.0 | 10.0 |
| Lityum (Li) | - | 2.5 | 2.5 |
| Manganez (Mn) | 920 | 0.2 | 10.0 |
| Molibden (Mo) | 9 | 0.01 | 0.05 |
| Nikel (Ni) | 920 | 0.2 | 2.0 |
| Selenyum (Se) | 16 | 0.02 | 0.02 |
| Vanadyum (V) | - | 0.1 | 1.0 |
| Çinko (Zn) | 1840 | 2.0 | 10.0 |

Çizelge 6. Sulamada Atık Su Kullanımında Teknik Sınırlar ve Prensipler (Anonim 1991).

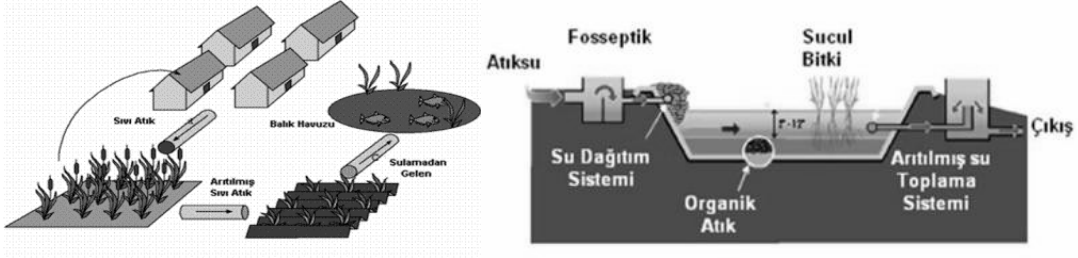
| Tarım Şekli | Teknik Sınırlar |
|--|--|
| Meyve ve bağ tarımı | Yağmurlama sulama kullanılmamalıdır Yere düşen meyveler yenmemelidir Fekal koliform sayısı 100/1 000 ml 'den az olmalıdır. |
| Lifli bitkiler ve tohum üretimi | Yüzey ya da yağmurlama sulama uygulanabilir Biyolojik uygulamalardan geçmiş ve klorlanmış atıksu yağmurlama sulamada kullanılabilir Fekal koliform sayısı 1000/100 ml 'den az olmalıdır. |
| Çayır mera ve yağ bitkileri ile çiğ olarak yenmeyen bitkiler | Yüzey sulama yöntemleri kullanılabilir |

Çizelge 7. Endüstriyel Atık Suların Sulama Suyu Olarak Kullanılmaya Uygunluğu(Anonim,1991)

| Yakınında uygun arazi varsa, sulama suyu olarak kullanılabilir | Belirli koşullarda sulama suyu olarak kullanıma uygun | Sulama suyu olarak kullanım için uygun değil |
|--|---|---|
| Bira, Malt, Şarap, Patates, Sebze Konserve, Marmelat, Meyve Konserve, Süt, Patates Nişastası Fabrikaları | Maya, Şeker, Piriç ve Tahıl nişastası, Deri tutkalı, Kemik Tutkalı Fabrikaları, Mezbaha, Et kombina Tesisleri, Tabak-hane, Margarin Fabrikası, Kağıt Fabri-kası, Karton Fabrikası, Tekstil Sanayii (Ağartma, Merseze, Boyahane, Baskı-hane v.s.) Yün Yıkama, Balık Unu, Balık Konservesi, Madencilik. | Cila ve Boya Fabrikaları, Sabun Fabri-kası, Anorganik Ağır Kimyasal Madde Sanayi; İlaç Fabrikaları, Metal Fabrikası, Sülfür Selüloz Fabrikası, Viskoz Suni İpek Fabrikası, Piroiliz Tesisi, Havagazı Tesisleri Jeneratör Gaz Türbinleri, Ma-deni Yağ Sanayi, Kömür Yıkama, Dina-mit Sanayi, Odun Koklaştırma Tesisleri. |

levhaya çarpar ve burada etkili biçimde gaz ve katı olarak ayrıştırılır (GSS). Açığa çıkan gaz, reaktörün üzerindeki ters koni tarafından tutulurken katı parçacıklar yeniden tortul atık örtüsüne düşer. Anaerobik işlem sırasında atık su içerisindeki kimyasal oksijen ihtiyacı (COD) yüksek derecede önemli bir yakıt olan metan gazına dönüşür. Çok az miktarda COD tortul atığa dönüşür. Sistemi çalıştırmak için ek bir girdiye gerek yoktur ancak sabit önkoşullara ihtiyaç vardır. Örneğin işlemi sabit kılmak için ısı derecesi önemli bir etkidir. Aerobik işlem sırasındaki atık sudaki COD miktarı büyük oranda hacimli atık bir ürüne, tortul atığa dönüşür. Bunu ortadan kaldırmak gelişmiş ülkelerde yüksek bedellere mal olur ancak eğer tortul atık kirlenmemiş ise, halen gelişmekte olan ülkelerde düşük maliyetli gübre olarak ilgi görebilir. Atık suyu havalandırma yöntemi ile sürekli olarak saf oksijen temin edilmelidir (Özoguz, 2008).

Doğal arıtma sistemleri, özel olarak tasarlanan yataklarda yetiştirilen bitkiler vasıtasıyla atıksuyun arıtılması esasına dayanmaktadır (Şekil 6). Sistem, pahalı ve ithal ekipmanlara ihtiyaç duymamaktadır. Enerji ihtiyacı yoktur. Bakımı, onarımı ve işletmesi kolaydır. Köylüler tarafından çok kolaylıkla işletilebilmektedir. Çevredeki doğal malzeme kullanılarak ihtiyaç büyüklüğünde hazırlanan havuzlarda atık suyun filtre edilmesi ve yetiştirilen sulak alan bitkileri ile suyun arıtılması esasına dayanan bu sistem, doğal yapının küçük taklitleridir. Sulak alanlar, ortamdaki güneş enerjisini kullanabilme ve kendi kendini yenileyebilme kapasitesine sahiptirler. Birçok canlı türüne yaşama alanı sağlayarak yabancı hayat oluştururlar. Ortamdaki karbondioksiti tüketip oksijen üretmekle atmosferin doğal dengesinin korunmasını sağlarlar. Organik maddeyi, askıda katı maddeyi, besinleri, toksik maddeleri, ağır metalleri ve biyolojik unsurları giderebilmesinden dolayı yüksek miktarda arıtım kapasitesine sahiptirler.



Şekil 6. Doğal Arıtma Sistemi Modeli

T.C Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğünün himayesinde başlayan 'Doğal Arıtma Projesi' çok düşük maliyetle, *doğal arıtma sağlamakta, kırsalda atık kirliliğini önlemekte ve ekonomiye katkı sağlamaktadır*. Atık suların arıtılması konusunda "Yapay Sulak Alanlar" veya "Ekili Sulak Alanlar" olarak da bilinen Doğal Arıtma yöntemine 2004 yılından bugüne kadar 43 köyde uygulamalar gerçekleştirilmiştir (Şekil 7). 174 köyde de daha çalışmalar devam etmektedir. Doğal Arıtma Projesi'nin uygulandığı 43 köyden 4'ü Konya'dadır. Ayrıca, Ilgın Kapaklı, Akşehir-Çamlı, Tuzlukçu-Erdoğdu köylerinde Doğal Arıtma Projesi inşaatları tamamlanmış, bitkilendirme çalışmaları devam etmektedir. Viranşehir'deki yapay sulak alanın hazırlık çalışmaları; yer seçimi, atıksu yapısının belirlenmesi, kullanılacak dolgu malzemesinin seçimi, bitkilerin hazırlanması aşamalarından oluşmaktadır. Burada, atıksuyun zayıf karakterde olduğu, ancak kanala gübre karışması sonucu NO₃-N değerinin yüksek çıktığı belirlenmiştir (Yıldız vd, 2003).



Şekil 7. Yapay Oluşturulmuş Bir Sulak Alan

5. SULAMADA ATIK SU YÖNETİMİ

Atıksuyun yeniden kullanım şekilleri;

Hidrolojik döngü de su yenilenebilir bir kaynaktır. Doğal döngü içinde su doğal sistemler tarafından arıtılır, temiz ve güvenilir bir kaynak haline gelir ancak daha sonra suyun nasıl ve ne amaçla kullanıldığına bağlı olarak farklı seviyelerde yeniden kirlenir. Daha önce kullanılmış suyun yapay yollarla yeniden arıtılması ve arıtılma derecesi suyun hangi amaçla yeniden kullanılacağına aynı zamanda arıtma masraflarına bağlıdır.

Suyun yeniden kullanımını kentsel, endüstriyel ve tarımsal olarak üç grupta toplamak mümkündür.

Kentsel ve endüstriyel yeniden kullanımı için aşağıdaki örnekler verilebilir.

- Parkların, spor alanlarının, okul bahçelerinin, yol kenarlarının sulanmasında,
- Sanayi, ticaret, konut ve kamu alanları ile çevrili peyzaj alanlarının sulanmasında,
- Golf sahalarının sulanmasında,
- Süs bahçelerinde ve çeşmeler, süs havuzları ve şelaleler gibi dekoratif su yapılarında,
- Yangın söndürmede,
- Ticari, endüstriyel ve kamu binalarında, tuvalet sularında,
- Sanayi sektöründe soğutma, yıkama gibi işlemlerde.

Atıksuların sulamada yeniden kullanılması, daha önceki bölümlerde değinildiği gibi dünyanın birçok ülkesinde yoğun olarak uygulanmaktadır. Gerekli arıtım işlemleri yapıldığı ve teknik usuller

uygulandığı sürece, atıksuların sulamada yeniden kullanılmasının bir takım faydaları aşağıda sıralanmıştır;

- Su tasarrufu sağlar,
- Kurak geçen mevsimlerde alternatif su kaynağı oluşturur,
- Yeraltı suyuna karışmadan önce atıksuya ek bir arıtma sağlar,
- Kentsel atıksuların çevreye zarar vermeyecek bir şekilde ve ekonomik olarak uzaklaştırılmasını mümkün kılar,
- Akarsu, kanal ve diğer yüzey su kaynaklarının kirliliğini azaltır,
- Yapay gübre ihtiyacını azaltarak besin maddesinden tasarruf sağlar,
- Bitki verimini artırır,
- Çevresel olarak, atıksu kendi orijin kaynağına tekrar verilir. Bazı bölgelerde olduğu gibi uzaklaştırılarak denize boşaltımı önlenmiş olur.

Standartlar çerçevesinde arıtılmamış atıksuyun, uygun tedbirler ve teknik önlemler alınmadan sulamada kullanılmasının olası riskleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Kendirli vd 2003):

- Arıtılmamış atıksu ile uzun süre temas eden ve bu su ile sulanan sebzeleri tüketen kişilerin sağlığında ciddi bir risk yaratır.
- Yeraltı suyunda kirliliğe yol açar (nitrat birikimi, ağır metaller vs).
- Toprakta kimyasal kirlleticilerin birikimini neden olur (nitrat birikimi, ağır metaller vs).
- Hastalıkların yerleşeceği bir ortam yaratır.
- Arıtılmış atıksu sulama sistemlerine zarar verebilir,
- Sulama ürün ihtiyacına bağlı olarak miktarı değişen ve mevsimsel bir uygulamadır, ancak atık su arıtımı yıl boyunca süreklilik gösterir bu nedenle sulama ihtiyacının olmadığı dönemlerde ikinci bir deşarj imkânının sağlanması ya da depolanması gerekmektedir.
- Atık suyu taşıyan kanallarda ötrofikasyona neden olur.

Atıksuların sulamada kullanılmasına ancak aşağıda belirtilen tüm şartlar sağlandığında izin verilebilir.

- Resmi izinin verildiği alanlarda,
- Sulama suyu olarak kullanılacak atıksu içeriğindeki bileşenlerin standartlara uygun olduğu durumlarda,
- Yeterli teknik personel ve uzmanların rutin teftişlerinin sağlanabildiği alanlarda,
- Uygun sulama yönteminin uygulandığı alanlarda, izin verilen bitki desende,
- Arıtma tesisleri çıkış suyunda ve suyun uygulandığı son noktada, yöre şartlarına uygun olacak şekilde belirlenmiş standart aralıklarla su kalitesi kontrol analizlerinin yapılabildiği durumlarda.

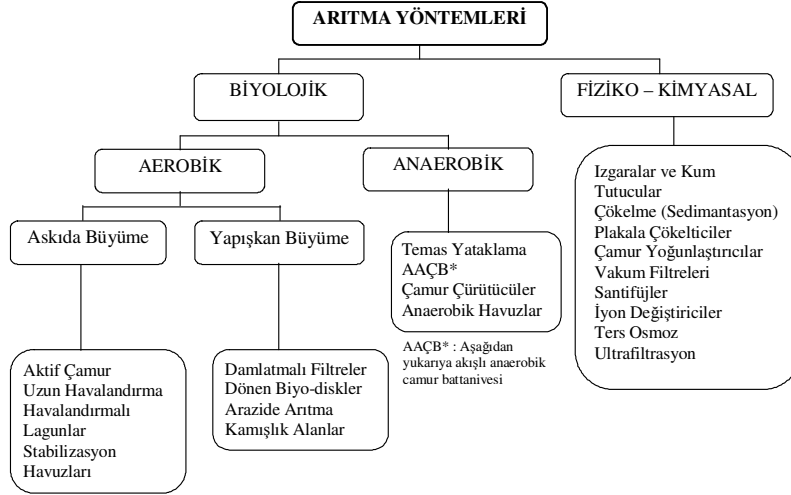
6. TARIMDA ATIK SU KULLANIMI İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Türkiye’de ayrıntılı biçimde hazırlanmış standartlara karşın, birkaç küçük sanayi ve GAP’ta bir pilot proje dışında, sulamada, atıksu yaygın olarak, kullanılmamaktadır. Bu durum, sulanır alanlar için yeterli miktarda sulama suyu sağlanmasından veya sulama alanları henüz su kaynakları bakımından sınır değerlere ulaşmamış olmasından kaynaklanmaktadır. Başka bir deyişle üretici hala yeterli miktarda sulama suyu bulabilmektedir (Kanber vd. 2005).

Ülkemizde turistik yapılaşmanın ve yatırımların yoğunlaştığı Ege-Akdeniz kesiminde arıtma tesislerin çıkış suları site yerleşimlerinde bahçe, park sulaması için değerlendirilirken, bazı yerlerde de stabilizasyon havuzlarında biriktirilerek tarımsal amaçla kullanılmaktadır. Tarım, su ve atıksu sektörlerinde finansman ve teşvikle ilgili uygulamaların bu bağlamda mevzuatla güçlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, Ülkemizde şeker ve kağıt fabrikalarından kaynaklanan atıksuların sulama işleminde kullanılması da yaygın ve uygun olan bir yöntemlerdir (Anonim, 2007;Aslan 2008)

Ulusal sulama suyu kalite standartları 1991 (Anonim, 1997) yılından bu yana yürürlükte olmasına rağmen, Türkiye’de önemli düzeyde su kıtlığı ile yüz yüze gelmediğinden dolayı, arıtılmış atık suların yeniden kullanımı henüz tam anlamıyla gündeme gelmemiştir. Yakın gelecekte, Türkiye için atık suyun yeniden kullanımı en önemli çevresel konu haline alacaktır (WHO, 2006; Arslan-Alaton 2007).

Ülkemizde arıtılmış atık suların sulamada kullanımı ile ilgili herhangi bir veri bulunmamaktadır, ancak İTÜ çevre mühendisliği bölümü tarafından yapılan anket sonuçlarına göre 12 atıksu arıtma tesisinin 9'unda dolaylı olarak (akarsulara deşarj sonucu) sulama yapılmaktadır. Aksaray, Ankara, Eskişehir, Gaziantep (8 000 ha), Kayseri, Iğın, Ürgüp, Kozan, Yumurtalık. Doğrudan sulama yapılan 3 adet arıtılmış atıksu tesisi bulunmaktadır. Iğdır, Kadınhanı, Bor (5250 ha) (Aslan-Alaton vd 2005).



Şekil 8. Temel Arıtma Yöntemleri (Arceivala 2002).

Ülkemizde yürütülen atıksuyun sulamada yeniden kullanımına ilişkin önemli projeler;

EMWater, 2010 yılında başlanacak olan Avrupa-Akdeniz ortaklığı serbest ticaret bölgesinin, altyapı yapım ve geliştirilmesi amacı ile 1995 yılında başlamıştır. Bu amaçla, en önemli adımlardan biri, 1999 yılında, su sağlama ve atıksu yönetimi bölgesel işbirliğinin kurulması doğrultusunda Avrupa-Akdeniz Su ağı olmuştur. Bu çerçevede, EMWater-etkili atık su yönetimi, arıtımı ve yeniden kullanımı-projesi 2003 yılında, Ortadoğu'da atık su yönetimi, arıtımı ve yeniden kullanımı ile ilgili yeniliklerin ve çözümlerin bulunması için başlatılmıştır. Bu proje kapsamında, Almanya ve İtalya, Akdeniz ülkelerinden, Lübnan, Filistin, Ürdün ve Türkiye ortaklık oluşturmuşlardır. Projede dahilinde, atıksuyun arıtımı ve yeniden kullanımı çerçevesinde, karar vericiler için, tüm etkilerin ve uygun teknolojilerin seçiminde göz önüne alınması gereken etkenlerin belirtildiği bir rehber hazırlanmıştır.

Rehberde oluşturulan altı ana adım şu şekilde önerilmiştir;

- (1) Atıksuyun yeniden kullanımının potansiyel envanterinin oluşturulması,
- (2) Mümkün olan en geniş kullanım alanlarının belirlenmesi,
- (3) Yasal gereklilikler ve sorumlu enstitülerin belirlenmesi,
- (4) Yeniden kullanım alternatiflerinin detaylı analizi,
- (5) Alternatiflerin ekonomik açıdan değerlendirilmesi,
- (6) En uygun alternatiflerin finansal fizibilitelerinin yapılması.

Kapasite geliştirme adı altında, proje dahilindeki ortak ülkelerden çeşitli yerel araştırmacılar ve yöneticilere kurslar düzenlenmiştir. Ülkemizi temsilen, Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsünde, Prof. Dr. Göksel Açın yönetiminde kentsel atıksuların anaerobik tortul atık örtü (UASB) reaktörü yöntemiyle arıtılmasına ilişkin pilot bir tesis kurulmuştur. UASB'den çıkan atıksu araştırmacılar tarafından oluşturulmuş bir yapay sulak alana cazibe ile iletilmiştir. Oluşturulan yapay sulak alan, yatay akış yolu tipinde olup, üç farklı kum katmanından oluşmuştur. Aşağıdan yukarıya doğru, kum danelerinin büyüklükleri azalmaktadır. Yapay sulak alandan çıkan atıksu, zararlı mikro organizmalardan arıtım için UV ünitesine aktarılmıştır. Araştırma bulgularına göre, COD tüm sistemde %98, toplam azot giderimi ortalama %23, toplam fosfor giderimi %54-63 oranında düştüğünü bildirmişlerdir (Akçın vd.,2008).

MEDAWARE projesi, Avrupa-Akdeniz ülkeleri arasında oluşturulan ortaklık çerçevesinde, Yunanistan, İspanya, Kıbrıs, Filistin, Ürdün, Lübnan, Fas ve Türkiye'yi içine alan, atıksuların arıtımı ve yeniden kullanımı açısından sürdürülebilir olmayan uygulamaları değiştirmeyi amaçlamaktadır. Projede enstitülerin kapasitelerinin geliştirilmesi, eğitim faaliyetlerinin yapılması, ortaklıkların oluşturulması, sürdürülebilirlik açısından, politikaların, planlamaların, metodolojilerin atık su arıtımının ve güvenli kullanımın sağlanması, bilgi alışveriş ağlarının oluşturulması, kamu ilgisinin artırılması ve bu sektörde nüfusun eğitim problemlerinin çözülmesi hedeflenmiştir. Projenin Türkiye ortağı ODTÜ (Prof. Dr. Celal F Gökçay) ve İTÜ (Doç. Dr. İdil Arslan-Alaton) çevre mühendisliği bölümleridir. Projenin başlıca amaçları;

- Türkiye'de sürdürülebilir atıksu yönetiminin hangi aşamada olduğunu incelemek, sürdürülebilir atıksu yönetiminin geliştirilmesi için güvenilir bir veritabanı ve araçlar oluşturmak,
- Türkiye'deki kentsel atıksu arıtma tesislerinin mevcut durumunu araştırmak,
- Mevcut ulusal çevre kanunlarını yeterliliğini incelemek, proje konusu çerçevesinde önerilerde bulunmak
- İlgili kurumlar tarafından kullanılmak üzere atıksu arıtma tesislerinin etkin bir şekilde işletilmesi için en uygun çözümlerin önerildiği, üretildiği teknik kılavuzlar hazırlamak.

Araştırmacılar, kentsel atıksu arıtma tesislerinin son durumu aşağıda verilen başlıklar halinde belirtmişlerdir (Aslan-Alaton vd, 2005)

- KOİ, AKM, Fekal Koliform gibi parametreler için giderim verimleri % 50'nin altında kalan bazı tesisler mevcut (Nazilli, Alaşehir, Manisa, Akhisar AAT gibi)
- Belediyelerden temin edilen analiz raporları ile proje kapsamında yapılan analizlerin sonuçları arasında önemli farklar bulunuyor.
- Bazı tesisler kapasitelerinin üzerinde çalışıyorlar (Akhisar, Alaşehir AAT gibi)
- Azot ve Fosfor değerleri hala yüksek olan bu atıksular en yakın dereye deşarj ediliyor. Çiftçiler dere suyunu tarım arazilerinin sulamasında kullandıklarından dolayı "dolaylı" yollarla evsel nitelikli atıksu tarımsal faaliyetlerde kullanılıyor.
- Fekal koliform gibi suyun bakteriyolojik ve patojen özelliğini temsil eden parametre değerlerinin giderimi için genellikle ek bir işlem yapılamıyor (dezenfeksiyon gibi).

QUALIWATER projesi 2006 tarihinde Türkiye, Cezayir, Fas, İspanya, Tunus ve İngiltere ortaklığında yürütülmeye başlanmıştır. Avrupa birliği su çerçeve direktiflerinde, sulamadan dönen suların kirlilik standartları ve politikalarının oluşturulmasında ve sınırlı su kaynakları ve artan çevresel kirlilik nedeni ile Akdeniz bölgesindeki tarımsal aktivitelerin sınırlandırabileceğinden yola çıkılarak hazırlanan projede temel amaçlar, Akdeniz bölgesinde sulanan alanlarda kirliliğin kontrolünde tuzluluk ve azot kirliliği ile ilgili bilimsel, teknik ve sosyo-ekonomik bilgilerin sağlanmasıdır. Projedeki temel aktiviteler

- Mevcut tarımsal aktivitelerde tuz ve azot kirliliğinin belirlenmesi, sulanan alanlara giren ve çıkan tuz-azot dengesinin belirlenmesi,
- Kirlilik kontrolünde en iyi yönetim stratejilerinin belirlenmesinde model simülasyonlarından yararlanılması,
- Seçilen pilot alanlarda denemeler kurarak seçilen stratejileri değerlendirilmesi,
- Mevcut tarımsal faaliyetlerin sosyo-ekonomik analizini yapılması,
- Elde edilen sonuçları, suyu kullananlara ve yöneticilere yayılmasıdır.

Projenin Türkiye ekibini, Çukurova Üniversitesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü oluşturmaktadır (Prof. Dr. Cevat Kırdı). Proje kapsamında, aşağı Seyhan ovasında, yer altı suları, sulama ve drenaj sularında tuz ve azot yüklerine ilişkin birçok çalışma yürütmüşlerdir (İbrikçi vd 2008; Çetin vd. 2008; Kanber vd. 2008).

Atıksuların sulamada tekrar kullanımına ilişkin, ülkemizde çeşitli bilim adamları tarafından yürütülmüş münferit çalışmalar;

Doğan (2003), Şanlıurfa' ya yaptığı bir çalışmada, şehir merkezinden geçen, evsel ve sanayi atık sularının döküldüğü Karakoyun deresi suyu ile sulanan soğan bitkisinde toksik element birikimini

araştırmıştır. Çalışmada, kullanılan atık suda, As, Cu ve Cd elementlerinin sulama suları için sınır değerlerinin üzerinde olduğu vurgulanmıştır. Sonuçta, araştırmacılar, soğan bitkisinde biriken Cd miktarının, daha önce yapılmış çalışmaların ışığında, insan sağlığı için zararlı etkileri bulunacağını bildirmiştir.

Karataş vd. (2005), İzmir ilinde oluşan evsel ve endüstriyel nitelikli atık suların arıtıldıktan sonra denize deşarj edilmesi yerine Menemen Ovasında sulama suyu olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Bu amaçla, biyolojik arıtma işleminden geçirilen İzmir evsel ve endüstriyel nitelikli atık suların, bazı sulama suyu kalite parametreleri yönünden sulamaya uygunluğu, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği ve ilgili literatür ışığında irdelenmiştir. Sonuç olarak İzmir kentsel arıtılmış atık suyunun, toplam tuz, EC, ÇKM, SAR, DSY ve Cl açısından bir çok bitkinin tolerans sınırını aştığı ve dolayısıyla mevcut durumuyla bu suların sulamada kullanımının mümkün olmadığını belirtmişlerdir.

Üstün ve Solmaz (2005), Bursa ilinde kurulu bulunan bir Organize Sanayi Bölgesinden (OSB) kaynaklanan atıksuların mevcut arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra sulama suyu olarak tekrar kullanılabilirliği araştırmışlardır. OSB'de mevcut olan atıksu arıtma tesisinden çıkan arıtılmış atıksu, kimyasal çöktürme ve iyon değişimi yöntemlerine tabi tutularak sulama suyu standartlarını aşan kirlenici parametreler üzerinde giderim verimleri tespit edilmiştir. Kimyasal çöktürme işleminde optimum giderim verimi pH 11'de sağlanmış olup AKM ve KOY parametrelerinde sırasıyla %96, %31, renk parametresinde 436, 525 ve 620 nm dalga boylarında %75, %88 ve %90 giderim verimleri elde edilmiştir. İyon değişimi yöntemi ile 20 mL H-Tipi reçine/ 20 mL OH-tipi reçine oranında; %71 SO₄, %96 Cl, %95 iletkenlik ve renk parametresinde 436, 525 ve 620 dalga boylarında ortalama %90 giderim verimleri elde edilmiştir. Çalışma neticesinde, atıksuyun kalitesinin 1. sınıf sulama suyu kalitesine ulaştığı ve tekrar kullanılabilirliğinin mümkün olduğunu bildirmişlerdir.

Aşık ve Katkat (2005), Bursa'da bulunan bir gıda sanayii arıtma tesisi atıksuyu'nun sulama suyu olarak kullanım olanağı araştırılmıştır. Bu amaçla atık su analiz değerleri 7.01.1991 tarih, 20748 sayılı resmi gazetede yayımlanan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği"nde belirtilen ve suların araziye verilmesi ve sulamaya uygunluğu açısından önerilen sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Çalışmada; arıtma tesisinden bir üretim periyodu boyunca belli zamanlarda alınan atık su örneklerinde, pH, EC başta olmak üzere HCO₃, CO₃, Cl, SO₄, B, Na, K, Ca, Mg, BOI₅, KOI, AKM ve kimi analizler yapılmıştır. Arıtma tesisi atık suyunun sulama suyu olarak kullanım olanağını belirlemek amacıyla yapılan analizler sonucunda, atık suyun zamana bağlı olarak C₃ S₁ (yüksek tuzlu) ve C₄ S₂ (çok yüksek tuzlu) sulama suyu sınıflarına girdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak analizleri yapılan atık suyun yüksek ve yüksek tuzluluk tehlikesine sahip su olması ayrıca sulama suyunun C₃S₁ ve C₄S₂ sınıfına girmesi nedeniyle sulama amaçlı kullanılmak istenmesi halinde dikkatli olunması gerekmektedir. İlk olarak tesis çevresinde daha iyi kalitede suların sulama amaçlı kullanılması tercih edilmeli ancak su kaynağı sıkıntısı olması durumunda bu arıtma suyunun kullanımı yoluna gidilmelidir. Ülkemizde ortaya çıkan bu tür atık suların sulama suyu açısından alternatif yaratabileceği ancak kullanımı durumunda, sulama ile birlikte toprakta tuz birikimine bağlı olarak toprağın tuz içeriğindeki değişim ve bitki gelişimi üzerine etki bakımından tuzluluğa hassas bitkilerin sulanması durumunda sorunların ortaya çıkabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Arslan-Alaton et al. (2007), Silivri- İstanbul, Paşaköy-İstanbul, Yumurtalık-Adana ve Kayseri belediyelerinin kentsel arıtılmış atıksu kalitelerinin, su kirliliğini yönetmeliği çerçevesinde, sulama suyu olarak uygunluğunu değerlendirdikleri bir çalışma yürütmüşlerdir. Tüm arıtma tesislerindeki atıksular ağır metal içeriği açısından, standartlara uygun bulunmuştur. BOD₅, SO₄, pH ve bor içeriği açısından hemen tüm tesislerdeki arıtılmış atık sular I. Sınıf sulama suyu özelliği taşıırken, TDS, NO₃, EC ve SAR bakımından III. ve IV. sınıf sulama suları arasında yer almıştır. Su kirliliği yönetmeliği çerçevesinde, tüm arıtılmış atık sularda özellikle fekal kaliform düzeyinin IV. ve V sınıf olduğunu bildirmişler ve sulama suyu olarak uygun olmadığını vurgulamışlardır. Araştırmacılar, ele alınan, kentsel atıksu arıtım tesislerinin bazılarında dezenfeksiyon ünitelerinin bulunmadığını, ünitelerin bulunduğu tesislerde ise tatmin edici ve etkili şekilde işletilmediğini, bunun nedeninin de, işletme masraflarının oldukça yüksek olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Arıtılmış atıksuların sulamada kullanılmasına ilişkin diğer ülkelerden örnek çalışmalar;

Güney Kıbrıs, Ayia Napa – Paralimni: 2000 yılında inşaa edilen tesis tam kapasite ile 2002 yılından beri hizmet vermektedir. Kentsel atıksu arıtımı yapan tesisin kapasitesi 12 000 m³/gün dür. Tesisten çıkan arıtılmış atık sular ile, Paralimni'de çoğunluğu patates ekili alanlar sulanmakta, ayrıca, otellerin park ve bahçelerinin sulanmasında kullanılmaktadır. Bu şekilde yaklaşık 100 ha alan düzenli olarak, arıtılmış atık su ile sulanmaktadır.

İsrail, Dan bölgesi, Tel Aviv; 1994 yılından beri hizmette olan tesisin kapasitesi 120 milyon m³/yıl. Negev bölgesinde, tarla bitkileri (pamuk, tahıl vs.), meyve bahçesi, sebze ve ihraç amaçlı kesme çiçekçilik üretimi yapılan 16 000 ha alan sulanmaktadır.

İspanya, Almaria: 1997 yılında hizmete giren tesiste, 32 000 m³/gün kentsel atıksu arıtımı yapılmaktadır. Arıtılmış atık su ile 3000 ha alanda meyve ve sebze tarımı yapılmaktadır (domates ve narenciye vs.)

Ürdün, JUST ve Wadi Hassan plot projeleri; 2003 yılından beri hizmet vermektedirler. JUST tesisinin kapasitesi 1000 m³/gün iken Wadi Hassan tesisinin kapasitesi 600 m³/gün'dür. Elde edilen arıtılmış atık sular ile 9500 ha alanda meyve bahçesi ve yem bitkileri sulanmaktadır.

7. SULAMA SUYU OLARAK SULAMADAN DÖNEN DRENAJ SULARININ KULLANILMASI

Tuzlu su koşullarında uygulanacak sulama yönteminin doğru seçilmesi, büyük oranda drenaj hacmini azaltmakta, toprakta üniform yıkama sağlamakta ve marjinal kalitede su kullanımını olası kılmaktadır. Sulama yönteminin yanlış seçimi; hem tuzluluğu arttırmakta hem de drenaj sorunları yaratmaktadır. Sulama yönteminin seçimi, farklı yöntemlerdeki su ve tuz dağılımı ile bitkinin yapraklarının ıslanmasına olan duyarlılığı ve verim düşüklüğü gibi faktörlerden etkilenmektedir. Tuzlu sulama sularının etkin kullanımı ve tuzluluk kontrolünde anahtar faktör; bitkiye gerekli suyun doğru zamanda verilmesidir. Tuzluluk kontrolünde; sulama yöntemi, sulama sıklığı ve uygulanacak su miktarı çok dikkatli bir biçimde belirlenmelidir (Erözel ve Çakmak, 1993; Çakmak ve Kendirli, 2001; Büyükcangaz ve Değirmenci, 2002)

Drenaj sularının sulama amacıyla kullanılmalari iki gereksinimden dolayı söz konusu olabilir: birincisi, havzanın drenaj çıkış ağzının olmaması ve aynı zamanda mevcut sulama suyunun yetersiz olması, ikincisi ise, sulama planlamasında ana amaç olan drene edilecek su hacminin azaltılmasıdır (Yurtseven, 1993).

Sulu tarımda tuzlu suların kullanım stratejisi, arazi düzeyinde toprak tuzluluğunun kontrolünü gerektirmektedir. Buna ek olarak drenaj su miktarındaki azalmayı ve su kaynakları üzerindeki yan etkisini azaltma koşuluyla sulamadan dönen suların tekrar kullanımı söz konusu olabilmektedir. Tuzlu suyun kullanımındaki asıl amaç, sürdürülebilir tarımın sağlanması ve nehir havzalarındaki su kaynaklarının kalitesinde devamlılığın sağlanmasıdır (Beltran, 1999). Konya bölgesinde sulu tarımın yaygın olduğu alanlarda yapılan bir çalışmada çiftçilerin %22'sinin sulama suyu olarak drenaj kanallarındaki suyu kullandığı belirlenmiştir (Çiftçi vd., 1995). Arslan vd. (2008), Bafra ovasında taban suyu yüksekliği ve tuzluluğu ile ilgili yapmış oldukları çalışmalarında. Sulama projesi kapsamında, sulama şebekesinin tamamlanmamış olduğu alanlarda su kaynağı olarak yer altı suyu veya drenaj kanallarından alınan sular kullanılmakta olduğunu belirtmişlerdir. Ülkemizde birçok bölgede, yüzey drenaj kanalları, yetiştiriciler tarafından adeta sulama kanalı olarak görülmekte ve kurak dönemlerde arazisinin yanından geçen drenaj kanalından su alarak sulama yapılmaktadır (Apan, 1992).

Rhoades (1987), dönüşümlü sulama stratejisini farklı kalitedeki sulama suları ile tuzluluğa kısmen hassas ve kısmen dayanıklı bitki çeşitlerinde rotasyon yöntemiyle denemiştir. Çalışmada, tuzluluğa kısmen dayanıklı olan bitkilerin, tuzluluğa hassas olduğu bilinen dönemlerinde (çimlenme çıkış-fide) ve kısmen hassas bitkileri ise yetişme periyodu boyunca iyi kaliteli su ile sulamıştır. Tuzluluğa dayanıklı bitkiler çimlenme-çıkış yada fide dönemini (tuzluluğa hassas dönemleri) tamamladıktan sonra tuzlu su ile sulamaya devam edilmiştir. Dayanıklı bitkiler yetiştirildikten sonra arazi iyi kaliteli su ile bir kez sulanmış, böylece toprağın üst katmanında biriken tuzlar uzaklaştırılarak, hassas bitkilerin dikimi için hazırlanmıştır. Kaliforniya, SJV'de yürütülen bu çalışmada, dönüşüm stratejisi başarı ile uygulanmıştır; pamuk bitkisi, 0.5 dS/m düzeyindeki iyi kaliteli su ile çimlenme çıkışa kadar sulanmış, yetişme periyodu boyunca 7.9 dS/m, SAR 11 ile sulamalara devam edilmiştir. Bir

sonraki yetiştirme periyodunda, buğday bitkisi 0.5 dS/m tuzluluk düzeyindeki sulama suyu ile sulanmış, takip eden iki yılda ise şeker pancarı, dönüşüm stratejisi uygulanarak sulanmıştır. Rhoades et al. (1989) Kaliforniya, İmperyal Valey'de yürüttükleri bir başka çalışmada, buğday, şeker pancarı ve kantolop bitkilerini rotasyonda yetiştirmişlerdir. Tuzluluğa kısmen hassas olan kantolopu yetiştirme periyodu boyunca, buğday ve şeker pancarını ise tuzluluğa hassas dönemlerinde, Kolarado nehri suyu ile (1.5 dS/m, SAR 4.9) sulamışlardır. Buğday ve şeker pancarı tuzluluğa hassas devrelerini tamamladıktan sonra, Alamo nehri drenaj suyu ile (4.6 dS/m; SAR 9.9) tüm diğer sulamaları tamamlamışlardır. Sonuçta araştırmacılar, şeker pancarı ve buğdayda verim kaybı olmadığını, bununla birlikte bazı kalite parametrelerinde artış saptandığını bildirmişlerdir.

Başarılı bir su yönetimi için öncelikli gereklilik uygulanan sulama suyu miktarının azaltılmasıdır. Diğer bir yol ise bitkiye uygulanan ancak bitki tarafından tüketilmeyen sulama suyunun (drenaj suyu), yeniden kullanılmasıdır. Uygulanan sulama suyunun büyük bir kısmının (genellikle yarısı) bitki tarafından tüketilmediği, drenaj suyu olarak uzaklaştığı çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Hill, 1994; Frederiksen, 1992). Ülkemizde ise proje alanlarında sulama suları, derine sızma, buharlaşma, yüzey akış ve sulama sistemlerinin doğru işletilmemesi gibi nedenlerle kaybolmaktadır. Ülkemizde genellikle, geleneksel açık kanal sistemleri yapılmaktadır. Bu sistemlerin hakim olduğu alanlarda iletim ve dağıtım randımanı %60, su uygulama randımanı %50 ve toplam proje randımanı %30 dolayında gerçekleşmektedir (Kanber ve Ünlü, 2008). Suyu kullananlar ve yöneticiler tarafından, su kaynaklarından daha çok faydalanmak amacı ile birçok sulanan alanda, drenaj suyunun sulamada yeniden kullanılması yaklaşımına olan ilgi artış göstermektedir (Willardson et. al. 1997).

Harran ovasında yapılan aşırı sulamalar sonucu, geniş alanları sulayabilecek orandaki kaliteli su taban suyunu yükselterek ve yüzeyden sızarak drenaj kanallarına akıp kaybolmaktadır. DSİ 15. Bölge Müdürlüğüne ovaya yerleştirilen gözlem kuyularıyla drenajdaki değişimler aylık olarak izlenmekte, aşırı sulama ve tarla içi drenaj sistemlerinin yetersiz olması nedeniyle son yıllarda ana drenaj kanalı ile uzaklaştırılan su miktarının 190-200 x 106 m³/yıl dolayında olduğu ölçülmüştür. Ovaya verilen suyun yaklaşık 1/3'ü (429 x 106 m³) taban suyuna eklenerek ve ovoidan atılarak kaybolmaktadır (Çullu vd. 2008).

Berekatoğlu (2004) tarafından Harran Ovasında yürütülen bir çalışmada drenaj kanalı su örnekleri ve drenaj kanalından saptırılan sularla sulanan alanlardan alınmış toprak örnekleri incelenmiştir. Su örnekleri incelendiğinde elektriksel iletkenlikleri 0.43-3.70 dS/m arasında değiştiği görülmüştür. Sulamanın en yoğun yapıldığı temmuz ve ağustos aylarında ise drenaj sularının elektriksel iletkenlik değerlerinin 0.33-0.81 dS/m arasında değiştiği, bunun nedeninin de drenaj kanalı sularının mevsimsel olarak değişimi olduğu belirlenmiştir. Alınan toprak örneklerinde elektriksel iletkenlikler 0.37-7.05 dS/m arasında değişmiş ve derinliğin artması ile tuzluluk miktarında artış göstermiştir (Topçu vd. 2008).

Aşağı Seyhan Ovası'nda sulanan ve sulanmayan alanlarda ortaya çıkan sorunları incelemek amacıyla yapılan bir başka çalışmada, taban suyu gözlem alanının yaklaşık % 50'sinde drenaj sorunu olduğunu ve bu alanın % 4-5'inde taban suyu tuzluluğunun 5 dS/m'den daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca taban suyunun yüksek olmasının nedenleri olarak; aşırı su kullanımı, Ceyhan-Seyhan nehirleri ile sulama kanallarından olan sızmalar, tarla içi geliştirme ve çiftçi eğitim hizmetlerinin yetersizliği, drenaj şebekelerinin fonksiyonlarını tam olarak yerine getirememesi ve artezyenik koşullar gibi etkenlerin neden olduğunu belirtmişlerdir (Çetin ve Özcan 1999).

Cemek vd. (2006), Bafra ovası sağ sahil taban arazilerinde yer alan gözlem kuyularında iki dönemde taban suyu yüksekliği ve kalitesi belirlemeye yönelik bir çalışma yapmışlardır. Sulama sonrası dönemde çalışma alanında yaklaşık %32 'inde ve sulama öncesi dönemde ise %18'inde taban suyu tuzluluğunu 5 dS/m den daha yüksek bulmuşlardır.

Akbaş vd. (2008) Tokat, Kazova'da yürüttükleri çalışmada, yer altı sularının, tuzluluk ve derinliklerini CBS yardımı ile belirlemişlerdir. Araştırmacılar, yörede yeraltı sularının yalnızca %5-7 lik kısmında yeraltı suyu EC değerlerinin 2 dS/m'nin ve %1'den daha az kısmında ise 4 dS/m 'nin üzerinde olması nedeniyle yer altı suyu tuzluluğu açısından izlenen dönem için önemli bir problem bulunmadığını bildirmişlerdir. Diğer taraftan sulama sezonunda, aşırı sulamalar nedeni ile taban suyunun

yükseldiği, eylül ayında ise taban suyu derinliğinin meyve ağaçları için tehlikeli düzeye geldiğini bildirmişlerdir.

Çetin vd. (2008), Aşağı Seyhan Ovası'nda (ASO) yürüttükleri çalışmalarında, tuzlu drenaj suyu ile sulanan ve alandaki drenaj sularının pompaj sistemiyle uzaklaştırıldığı ASO IV. Merhale Proje alanında (7110 ha), taban suyu ve toprak tuzluluğundaki değişimleri incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, alanda pik sulama döneminde taban suyu yüksekliği, çalışma alanının %97.2 sinde 0-1.5 m arasında olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar aynı zamanda, sulamada düşük kaliteli suların kullanılması nedeniyle (1.2-4.0 dS/m), taban suyu tuzluluğu sulama mevsiminde alanın %92.1'inde, diğer dönemlerde ise alanın yaklaşık %97'sinde oldukça yüksek düzeylere (5-102 dS/m) ulaştığını bildirmişlerdir. Sonuç olarak, düşük kaliteli su kaynaklarının tarımda kullanılması durumunda, sulama yönetimine göre su kalitesinin izlenmesi ve su kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla seyreltme yapılması gerektiğini, diğer taraftan, yağışların yıkama etkisini artırmak ve yüksek taban suyu tuzluluğunu düşürebilmek için kış ve bahar aylarında drenaj pompa istasyonu tam kapasite ile çalıştırılması gerekliliğini vurgulamışlardır.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Atıksuların sulama suyu olarak değerlendirilmesine ilişkin yapılan çalışmalar, büyük çoğunlukla çeşitli üniversitelerin, çevre mühendisliği bölümleri tarafından yürütülmektedir. 'Atıksuların sulamada yeniden kullanılabilirliği'ne ilişkin geniş kapsamlı bilimsel çalışmaların Ziraat Fakültelerinin, Tarımsal Yapılar ve Sulama bölümleri ile beraber, ilgili diğer bölümlerce, yürütülmesi gerekmektedir. Bilindiği üzere, sulama uzmanlık gerektiren bir bilim dalıdır. Sulama suyu kalitesinin uygunluğunun karar verilmesi aşamasından, uygulanacak yöntemin ve yönetim biçiminin seçimini kapsayan alanda, sulama mühendislerinin yetki ve sorumluluğunda olması gerekmektedir. Bu bağlamda, atıksu ile sulama politikaları geliştirilirken ilgili bölümlerden mezun olmuş ziraat mühendislerinin özellikle karar verici konumunda mutlaka bulunması gerektiği açıktır.

Ülkemizde atıksu ile sulama konusunda hali hazırda bir envanter çalışması mevcut değildir. Bunun yanında, büyük şehirlerin ve sanayi alanlarının etrafında bulunan küçük kırsal alanlarda izinsiz ve kontrolsüz olarak atıksularla sulama yapılmaktadır. Bu durum kısa vadede, sulama yapan ve yetiştirilen bitkileri tüketen halkın sağlığını tehdit etmekte, uzun vadede ise toprak yapısı ve yeraltı sularının kirlenmesine sebep olmaktadır. Yerel yönetimler, il hıfzısıhha ve çevre orman müdürlüklerinin yetkililerince, bu tip kontrolsüz sulamaların önüne ivedilikle geçilmesi, gerekli yaptırım ve cezaların uygulanması gerekmektedir.

Bitkisel üretimde arıtılmış atıksuların kullanımı teknik bir takım önlemleri gerektirmektedir. Bu suların kullanılmasının bir takım faydaları olduğu gibi gerekli önlemlerin alınmadığı takdirde çok büyük sorunlara da neden olabilmektedir. Arıtılmış atıksuların sulamada kullanılması ancak su kaynağının kısıtlı olduğu yörelerde ya da dönemlerde önerilebilecek bir 'alternatif' sulama stratejisidir. Su kaynağı yönetimi açısından, atıksuların sulamada yeniden kullanılması 2 farklı biçimde ele alınabilir; a) Atıksuyun tüm sulama sezonu boyunca tek kaynak olarak kullanıldığı, su kaynaklarının yetersiz olduğu durumlar b) Atıksuyun sulama sezonu boyunca belirli periyotlarda kullanıldığı durumlar.

Arıtılmış atıksularla sulama yaparken sulama yöntemi seçimi son derece önemlidir. Yörenin iklim ve toprak koşullarına, yetiştirilecek bitkiye ve hangi sebeplerle atıksularla sulama yapılacağına bağlı olarak, sulama yöntemini doğru seçmek gerekmektedir. Daha önce de belirttiğimiz gibi, atıksuyun kullanım amacının çok iyi belirlenmesi gerekmektedir. Örneğin atıksu ile sulama yalnızca kurak geçen dönemlerde alternatif bir su kaynağı olarak mı kullanılıyor yahut tüm sulama sezonu boyunca tek su kaynağı olarak mı kullanıldığına bağlı olarak yöntem seçimine karar vermek gerekmektedir.

Atıksuyun tek su kaynağı olduğu yörelerde, su kıtlığından söz etmek kaçınılmazdır. Şayet tüm sezon boyunca tek su kaynağı, arıtılmış atıksular ise diğer bir ifade ile suyun kısıtlı bir kaynak olduğu yörelerde, yüzey sulama yöntemleri gibi su uygulama randımanı son derece düşük sulama yöntemlerinin uygulanması ekonomik olmayacaktır. Bu tür alanlarda basınçlı sulama sistemlerini kullanmak gerekmektedir. Yetiştirilecek bitki türüne göre damla yada yağmurlama sulama yöntemleri tercih edilmelidir. Ancak, sulama suyunun arıtılma düzeyine bağlı olarak yağmurlama sulama yöntemi çeşitli sınırlamaları da beraberinde getireceğini unutmamak gerekmektedir. Özellikle çığ yenen

sebzelerde veya yaprakların ıslanmasına karşı duyarlı olan bitkilerin sulanmasında yağmurlama sulama yönteminin uygulanmaması gerekmektedir. Bu anlamda, damla sulama yöntemi, atıksuyun sulamada tek kaynak olduğu yörelerde hem suyun tasarrufu hem de verimi ve kaliteyi yükseltici etkilerinden dolayı önerilebilecek en uygun alternatif olduğu yargısına varmak güç değildir.

Sınırlı da olsa, temiz su kaynağının bulunduğu yörelerde, tamamlayıcı su kaynağı olarak kullanılan atıksularda, sulama yönteminin seçimi kadar sulama yönetimi de son derece önemlidir. Drenaj sularının yeniden kullanımı ile ilgili şimdiye kadar yürütülmüş birçok çalışma sonuçlarından faydalanarak, benzer yaklaşımların arıtılmış atıksu ile sulamada uygulanabileceği yargısına varmak güç değildir. Temiz su kaynağının da bulunduğu, ancak, tüm sulama sezonu boyunca yetersiz kaldığı durumlarda iki farklı sulama yönetim stratejisinden bahsetmek mümkündür;

- a) Belirli iyonlara ve toplam tuzluluğa karşı dayanım durumları bilinen bitkilerin, hassas dönemlerinde iyi kaliteli sularla sulama yaparak, daha dayanıklı olduğu bilinen dönemlerde arıtılmış atık suların sulamada kullanılması,
- b) Arıtılmış atıksuların belirli oranlarda iyi kaliteli sularla karıştırılıp seyreltilerek, tüm sulama sezonu boyunca tek su kaynağı olarak kullanılması.

Yerli ve yabancı bilim adamları tarafından yürütülen sayısız çalışmalar sonucu, spesifik iklim ve toprak şartlarında, hemen her bitki için tuzluluk ve özel iyon toleransları artık nerdeyse tamamen belirlenmiş durumdadır. Dahası, yine sayısız araştırmacı tarafından geliştirilen, bilgisayar destekli modeller yardımı ile farklı iyon kompozisyonlarına sahip sulama sularının, toprağa ve bitki verimliliğine etkilerini önceden belirlemek mümkündür. Sulama yönetim stratejilerini belirlemeden önce, yörenin iklim ve toprak şartları, yetiştirilecek bitkilerin spesifik özellikleri göz önüne alınarak, en uygun sulama yöntemi ve yönetimi alternatiflerinin, modeller yardımı ile belirlenmesi mümkün olacaktır.

Sonuç olarak, ülkemizde hâlihazırda belirli küçük alanlar hariç atıksu ile sulama yapılamamaktadır. Bunun en önemli nedeni, henüz ülkemizde belirgin bir şekilde su kıtlığının meydana gelmeyişiştir. Sanayileşme ve nüfus artışı ile beraber iklim değişikliği nedeni ile de su kaynaklarımızın tarım dışı paydaşları çoğalmaktadır. Bu nedenle, havzalar bazında, uzun ve kısa vade de alınması gereken tedbirlere ve stratejilere ışık tutacak, su kaynaklarının kalite ve miktar açısından değerlendirildiği, alternatif su kaynağı olarak atıksuların kullanılmasının kaçınılmaz olduğu yörelerin belirlendiği bilimsel çalışmalara başlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Akbaş F., Ünlükara A., Kurunç A., İpek U., Yıldız H., 2008. Tokat-Kazova'da Taban Suyu Gözlemlerinin Cbs Yöntemleriyle Yapılması Ve Yorumlanması. Sulama ve Tuzlanma Kongresi.
- Akçın G., Kürüm Z., Dereli K., 2008. THE PROGRESS OF TURKISH PILOT PLANT Project Title: Efficient Management of Wastewater, Its Treatment and Reuse in the Mediterranean Countries – EMWater. Gelişme Raporu.
- Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.N.J. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, and A. Shvidenko. 2007. Europe. Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. p. 541–580. In M.L. Parry et al (ed.) Contribution of working group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
- Anonim 1991 Su kirliliği kontrol yönetmeliği teknik usuller tebliği(7 Ocak 1991 tarihli ve 20748 sayılı Resmi gazete`de yayınlanmıştır.
- Anonim 2001. www.tuik.gov.tr Erişim tarihi, 2009.
- Anonim 2007. Çevre ve Orman Bakanlığı , Türkiye Çevre Durum Raporu, Yayın No:5, Ankara, sayfa 77.
- Anonim 2008a. <http://www.dsi.gov.tr/topraksu.htm>. Erişim tarihi, 10 Ekim 2009.
- Anonim 2008b. Belediye Atık Su İstatistikleri-2006. Türkiye İstatistik Kurumu Haber Bülteni. Sayı: 73.
- Anonim 2009. TMMOB Su raporu. ISBN: 978-9944-89-682-5. sf. 39.

Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi

- Apan M., 1992. Bafra ve Çarşamba ovalarının Sulama ve Drenaj Yönünden Genel Sorunları ve İyileştirme ile ilgili Çalışmalar. IV. Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi bildirileri.
- Arceivala S.J., 2002. Çevre Kirliliği Kontrolünde Atıksu Arıtımı, Çeviren A.H. Balman, V. Balman, Birinci Baskı, Atılım Ofset, Ankara.
- Arslan H. Hacıömeroğlu G., Bahadır M., 2008. Bafra Ovasında Sulamanın Tabansuyu Tuzluluğu Üzerine Etkisinin Ve Tuzluluğun Yıllık Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs)Kullanılarak Belirlenmesi. Sulama Tuzlanma Konferansı.
- Arslan-Alaton İ., Gürel M., Eremektar G., Övez S., Tanık A. ve Orhon D. 2005. Türkiye'de Sürdürülebilir Atıksu Yönetimi: Mevcut Durum, Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri Arıtılmış Evsel Atıksuların Tarımsal Sulamada Kullanılması Çalışmayı. MEDAWARE Projesi 9-10 Haziran 2005, ODTÜ, Ankara
- Aslan V., 2008. Türkiye'de Su Potansiyeli ve Atıksuların Geri Kullanımı. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi. Ankara, sf.273-277.
- Aşık B. B., Katkat A. V., 2005. Gıda Sanayii Arıtma Tesisi Atık Suyu'nun Sulama Suyu Olarak Kullanım Olanığı. Uludağ.Üniv.Zir.Fak.Derg., (2005) 19(2): 23-31
- Beltran, J. M., 1999. Irrigation With Saline Water: Benefits And Environmental Impact. Water Resources, Development And Management Service, Land And Water Development Division, FAO, Rome, Italy.
- Berekatoğlu, K., Bahçeci, İ., 2004. Harran Ovası Drenaj Kanal Sularının Sulamada Kullanılması Ve Toprak Tuzluluğuna Etkilerinin İrdelenmesi. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar Ve Sulama A.B.D Yüksek Lisans Tezi.
- Büyükcangaz H. Ve Değirmenci H., 2002. Drenaj Sularının Sulamada Yeniden Kullanılması Su Havzalarında Toprak ve Su Kaynaklarının Korunması, Geliştirilmesi ve Yönetimi Sempozyumu, Hatay, 2002.
- Cemek, B., Demir, Y., Erşahin, S., Arslan, H., Güler, M., 2006. Spatial Variability of Groundwater Depth, Soil Salinity in Irrigated Soils of Bafra Plain In Northhern Turkey. International Symposium on Water and Land Management for Sustainable Irrigated Agriculture Adana, Turkey.
- Çakmak, B. ve Kendirli, B. 2001. Tarımda Atık Su Kullanımı. Ziraat Mühendisliği Dergisi, Zir. Yük. Müh. Birliği Yayını sayı:332, s.31-37, Ankara.
- Çakmak, B. ve Kendirli, B. 2002. Sürdürülebilir Tarımda Sulama ve Çevre. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Türktarım Dergisi, sayı:145, s.21-23, Ankara.
- Çakmak, B., Aküzüm, T., Çiftçi, N.,Zaimoğlu, Z., Acar, B., Şahin, M. ve Gökalp, Z. 2005. Su Kaynaklarının Geliştirme ve Kullanımı. TMMOB-ZMO VI. Teknik Kongresi, 3-7 Ocak 2005, Ankara, s191-211
- Çetin M., Kırdı C., Efe H., Topçu S., 2008. Düşük Kaliteli Suların Sulamada Kullanılmasının Neden Olabileceği Olası Tuzluluk Sorununun Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında İrdelenmesi. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi. Ankara
- Çetin M., Kırdı C., İbrikçi H., Topçu S., Karaca Ö.F., Karnez E., Efe H., Sesveren S., Öztekin E., Dıngıl M., Kaman H., 2008. Sulu Tarım Alanlarında Su, Tuz Ve Nitrat Bütçesinin CBS Ortamında Saptanması:Aşağı Seyhan Ovası Örneği. Sulama – Drenaj Konferansı. DSİ VI. Bölge Müdürlüğü. Adana.
- Çetin, M. ve Özcan, H., 1999. "Asağı Seyhan Ovasında Sulanan ve Sulanmayan Alanlarda Meydana Gelen Sorunlar ve Çözüm Önerileri" Tr. J. Of Agriculture and Forestry, 23 Ek Sayı:1, 207-217, TÜBİTAK.
- Çevre Mühendisleri Odası 2005. Atıksu Arıtma Tesisleri Mevzuat Kılavuzu, Ankara, 2005.
- Çiftçi, N., Kara, M., Yılmaz, M. Ve Uğurlu, N., 1995. Konya Ovasında Drenaj Suları İle Sulanan Arazilerde Tuzluluk Ve Sodyumluluk Sorunları. 5. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, 471-481, Antalya.
- Çullu M. A., Aydemir S., Şahin Y, Karakaş S., Aydoğdu M., Altundal M. Aydemir A., Çeliker M., Gürses Ü., 2008. Harran Ovası'nda Sürdürülebilir Su ve Tuzlulaşma Yönetimi. Sulama tuzlanma konferansı.
- Doğan, M., 2003. Şanlıurfa'da Karakoyun Deresi Atık Suları ile Sulanan Soğanda (Allium cepa L.) Toksik Element Birikimi Üzerine Bir Araştırma. Ekoloji Çevre Dergisi. Cilt: 12 Sayı: 48
- DPT 2007. Çevre özel ihtisas komisyonu raporu. Dokuzuncu kalkınma planı, 2007-2013. T.C. Başbakanlık, Devlet Planlama Teşkilatı. Ankara.
- Erözal, A.Z. ve Çakmak, B. 1993. Drenaj Suyunun Sulamada Kullanılması.TOPRAKSU 1993/2:2-6, Ankara.
- Frederikson, Harald D., 1992, Water Resources Institutions: Some Principles and Prac-tices, Technical Paper No: 191, The World Bank, Washington, DC.
- Grau, P. 1996. Low cost wastewater treatment, Water Science and Technology 33 (8) (1996), pp. 39–46.
- Ho, G. 2005. Technology for sustainability: the role of onsite, small and community scale technology, Water Science and Technology 51 (10) (2005), pp. 15–20.
- Hochstrat R. and Wintgens T. 2003. eds., SQUAREC, Report on Milestone M3.I, Draft of wastewater reuse potential estimation, Interim report, 2003.
- Hoover, M. 1999. <http://www.ces.ncsu.edu>

Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi

IFPRI 2004. Water and Food to 2025. Policy Responses to Threat of Scarcity.

İbrikli H, Karnez E., Oğuz H., Çetin M., Öztekin E., Dingil M., Kırdı C., Topçu S., Efe H. 2008. Aşağı Seyhan Ovası Akarsu Sulama Sahası Taban Sularında Nitrat Konsantrasyonu Ve Oluşturacağı Çevresel Risk Potansiyeli. Sulama Ve Drenaj

Kanber R, Ünlü M., 2008. Türkiye’de Sulama ve Drenaj Sorunları: Genel Bakış. Sulama – Drenaj Konferansı. DSİ VI. Bölge Müdürlüğü. Adana.

Kanber R., Çullu M.A., Kendirli B. Antepli S., Yılmaz N., 2005. Sulama, Drenaj ve Tuzluluk”, Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, s.213-251, Ankara.

Karataş B. S., Akkuzu E., Aşık Ş., 2005. İzmir Kentsel Artılmış Atık Sularının Sulamada Kullanım Olanaklarının İncelenmesi. Ege Üniv. Ziraat. Fak. Derg., 2005, 42(3):111-122

Kendirli, B. Benli, B., 2001. Türkiye’de Su Kalitesinin İzleme ve Değerlendirilmesi. Ziraat Mühendisliği Dergisi, Sayı: 331, Ankara, s. 14-24.

Kendirli, B., Çakmak, B. ve Kesmez, G.D., 2003. Sulamada Atıksu Kullanımı. 2.Ulusal Sulama Kongresi. s.236-245, Kuşadası, Aydın.

Kızıloğlu F.M., Turan M., Sahin U., Kuslu Y., Dursun A., 2008. Effects of untreated and treated wastewater irrigation on some chemical properties of cauliflower (Brassica oleracea L. var. botrytis) and red cabbage (Brassica oleracea L. var. rubra) grown on calcareous soil in Turkey. Agr i c u l t u r a l Water management 95:716 – 724.

Mohammad, M.J., Mazahreh, N., 2003. Changes in soil fertility parameter in response to irrigation of forage crops with secondary treated wastewater. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 34, 1281–1294.

OECD 2003.Organisation for Economic Co-operation and Development, Water — Performance and challenges in the OECD countries, Environmental Performance Reviews; 2003.

Özoğuz, Y., 2008. Akdeniz Ülkelerinde Atık Suların Etkili Yönetimi, İşlenişi Ve Tekrar Kullanımı. EMwater E-Öğrenim Kursu Ders Notları.

Paraskevas et al., 2002 P.A. Paraskevas, D.L. Giokas and T.D. Lekkas, Wastewater management in coastal urban areas: the case of Greece, Water Science and Technology 46 (8) (2002), pp. 177–186.

Rhoades, J.D., 1987. Use of Saline Water for Irrigation. Water Quality Bulletin 12:14-20

Rhoades, J.D., Bingham F.T., Letely J., Hoffman D., Printer A.R., Alves W., Swain R., Pacheco P., Lemert R., Replogle J.A., 1989. Use of saline water for irrigation: Imperyal Valey Study. Agric. Water. Mane. 16:25-36.

Rhoades, J. D., A. Kandiah ve A. M. Mashali. 1992. The Use of Saline Waters for Crop Production. FAO Irrigation and Drainage Paper No 48, Rome

TMMOB 2005. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Gerçeği, Ankara,2005.

Topçu S, Çetin M, Kırdı C, Karaca Ö. F., Efe H, Sesveren S.,2008. Sulamadan Dönen Suların Tarımda Kullanımının Sürdürülebilirliği. Sulama – Drenaj Konferansı. Dsi VI. Bölge Müdürlüğü. Adana.

USEPA 2005. USEPA (United States Environmental Protection Agency), Handbook for Managing Onsite and Clustered (Decentralized) Wastewater Treatment Systems, EPA/832-B-05-001, Office of Water, Washington, DC (2005) 66 pp..

Üstün E.G. ve Solmaz S. K. A. 2007.Bir Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesisinden Çıkan Atıksuların Tarımsal Amaçlı Sulama Suyu Olarak Yeniden Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Ekoloji Dergisi. 15, 62, 55-61

Weber, B., Avnimelech, Y., Juanico, M., 1996. Salt enrichment of municipal sewage: new prevention approaches in Israel. Environ. Manage. 20, 487–495.

WHO 2006. Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater, Vol. 2: Wastewater use in Agriculture, World Health Organization, France,

Willardson L.S., Boels D., Smedema L.K., 1997. Reuse of Drainage Water From Irrigated Areas. Irrigation and Drainage Systems 11: 215–239, 1997.

www.dsi.gov.tr

www.tuik.gov.tr

Yıldırım O., 2008. Sulama Sistemlerinin Tasarımı, Ankara Üniversitesi ziraat Fak. Yayınları 1536, s. 348.

Yıldız, D., 2003. Akdeniz Havzası’nda Su Sorunları ve Türkiye, Ankara, ISBN 975-395-586-3, TMMOB İMO Ankara Şubesi, Türkiye, Mart 2003, 198 s.

Yurtseven, E., 1993. Drenaj Sularının Yeniden Kullanılması. Topraksu Dergisi, 1: 12-14.