



## Su Kaynaklarının Sürdürülebilirliği İçin Arıtılan Atıksuların Yeniden Kullanımı

Ayben POLAT<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Cumhuriyet Üniversitesi Müh. Fak. Çevre Müh. Bölümü, Sivas

\*Sorumlu Yazar:

E-posta: aybenpolat@cumhuriyet.edu.tr

Geliş Tarihi: 05 Mayıs 2012

Kabul Tarihi: 06 Temmuz 2012

### Özet

Bu çalışmada her geçen gün tükenmekte olan su kaynaklarının sürdürülebilirliği için arıtılan atıksuların yeniden kullanım alanları incelenmiştir. Kentleşme, artan nüfus, tarımsal uygulamalar, endüstrileşme gibi nedenlerle su ihtiyacı ve atıksu miktarı giderek artmakta, su kaynakları ise zamanla azalmaktadır. Bu durumda alternatif bir su kaynağı olarak arıtılmış atıksular gündeme gelmektedir. Arıtılan atıksular çok çeşitli amaçlar için kullanılabilir. Arıtılmış atıksuların başlıca kullanım alanları arasında; tarımsal sulama, kentsel ve evsel kullanım, endüstriyel kullanım ve yeraltı suyu beslemesi sayılabilir. Aynı zamanda çeşitli uygulamalar için arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı ile hem tatlı (temiz) su kaynaklarında büyük tasarruf sağlanacaktır hem de akarsu, göl vb. su kütleleri atıksu dışarjından korunarak yüzey ve yeraltı sularının kirlenmesi önlenmiş olacaktır. Ayrıca arıtılmış atıksuların tarımsal sulamada kullanılması ile gübre ihtiyacı azalacak ve böylece ekonomiye de katkı sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Atıksu, yeniden kullanım, geri kazanım

### GİRİŞ

Su kıtlığının, dünyanın her yerinde 21. yüzyılın başlıca sorunlarından biri olacağı ve bu nedenle de milyarlarca insanın hayatının suyun doğru yönetimine bağlı olduğu farklı uluslar arası forumlarda açıkça belirtilmektedir. İnsanlar başlıca kentsel, endüstriyel ve tarımsal kullanımlar için suya ihtiyaç duyarlar, bununla beraber su sınırlı bir kaynak olarak görülür [1]. Yetersiz su kaynakları ve bozulan su kalitesi, dünyanın birçok bölgesinde birçok belediye, sanayi, tarım ve çevre için ciddi kaygılar oluşturmaktadır [2]. Dünyada yaklaşık 1,4 km<sup>3</sup> su mevcut olup bunun %97,4'ü tuzlu su, %2,6'sı tatlı sudur. Toplam su miktarının %0,8 kadar kullanılabilen tatlı su olarak devamlı bir buharlaşma, yağış ve akış halinde bulunmaktadır [3].

Artan nüfus, endüstrileşme, tarımsal uygulamalar ve kentleşme, su ihtiyacını artırmaktadır ve böylece atıksu miktarı da artmaktadır. Klasik olarak atıksu arıtımı, biyolojik olarak parçalanabilir maddelerin, nutrientlerin ve patojenlerin giderilmesiyle kirlilikleri azaltma, halk sağlığını koruma ve çevre koruma üzerine odaklanmıştır [4]. Su ihtiyacının artması, atıksuyun yeniden kullanılması kavramını gündeme getirmiştir [5].

Islah, yeniden kullanım ve geri dönüşümü içeren atıksuların geri kazanımı, son zamanlarda, su kaynaklarının

daha iyi yönetimi için katkı sağlayan muhtemel araçlardan biri olarak görülmektedir [6]. Atıksuların ıslahı ve yeniden kullanımı için dünyanın her yerinde her yıl yeni projeler yapılmakta ve arıtılmış atıksular kırsal kesim için ekstra bir su kaynağı olarak işlev görmektedir [7]. Yeniden kullanım, su kıtlığı için temel çözümlerden biri olarak düşünülmeye rağmen gerçek ölçekte uygulanan az sayıda ülke vardır [6]. Suyun yeniden kullanıldığı başlıca ülkeler; ABD, Batı Avrupa, Avustralya ve İsrail'dir [8].

Suyun yeniden kullanımı iki temel işlevi gerçekleştirir: 1) Arıtılan atıksu faydalı bir amaç için bir su kaynağı olarak kullanılır ve arıtılan atıksu, akarsu, göller ve sahillerden uzak tutulmuş olur, böylelikle yüzey ve yeraltısularının kirlenmesi de engellenmiş olur. 2) Ekonomik tasarruf, değerli madde ve ısı geri kazanımı su döngüsü ile sağlanabilir [1].

Atıksu arıtım ve yeniden kullanım projelerinin temel amacı içme suyu dışındaki tüm kullanımlar için yeterli kalitede su üretmektir. Bu uygulamalar için kullanılan arıtılmış su, temiz (tatlı) suların önemli miktarlarında tasarruf sağlar [4].

Atıksuların arıtılarak yeniden kullanımının temel faydaları; su kaynaklarının korunması, kıyı kirliliğinin önlenmesi, tarımda su ve gübre korunması, temiz su kullanımının azaltılması ve atıksu iyileştirme maliyetlerinin azaltılmasıdır [9].

### Arıtılan Atık Suların Yeniden Kullanımı

Arıtılmış sular; tarımsal sulama ve arazi sulaması, endüstriyel uygulamalar, çevresel uygulamalar (yüzeysel sularına verme ve yer altı sularına reşarj), rekreasyon faaliyetleri, şehir temizliği, yangın, inşaat gibi klasik uygulamalarda tatlı suların yerine kullanılabilir [4]. Tarımsal alanların sulanması, su rezervuarlarının korunması ve gübre ihtiyacını azaltmak için nutrientler ile tarla ve bitkilerin doğal zenginleştirilmesi atıksuların yeniden kullanımının yaygın bir uygulamasıdır. Birçok ülkede çevre geliştirme (sulak alan oluşturma gibi), yangın söndürme, toz kontrolü, tuvalet sifon suyu gibi alanlarda arıtılmış atıksuyun yeniden kullanımları gelişmektedir [10]. Atıksuyun yeniden kullanımı özellikle sınırlı yağış alan bölgelerde ilave su kaynağı oluşturarak su tasarrufunu destekleyebilir [11].

Su yeniden kullanımı US' de artan bir uygulamadır. Günlük 6,4 milyar m<sup>3</sup> su yeniden kullanılmaktadır ve toplam su hacmi üzerinden arıtılan su kullanımının yıllık %15 arttığı tahmin edilmektedir. 2002 yılında Florida' da günlük 2,2 milyon m<sup>3</sup>, Kaliforniya' da ise 2 milyon m<sup>3</sup> arıtılmış su kullanıldığı belirlenmiştir [12].

Başarılı bir arıtım ve yeniden kullanım uygulamaları; dikkatli planlama, ekonomik hesaplamalar, ayrıntılı sosyal fikirler ve değerlendirmeler gerektirir [13].

### Tarımsal Kullanım

Atıksuların uygun bir strateji ile kontrollü olarak tarımda kullanılması, bu suların uzaklaştırılması için iyi ve yararlı bir yöntem sunmaktadır. Kentsel atıksuların uygun stratejilerle yeniden kullanımı ile yüzeysel su kaynaklarının kirlenmesi önlenmiş olur. Bu sayede sadece değerli temiz su kaynakları korunmakla kalmaz aynı zamanda atıksuların içerdiği bitki besin maddeleri bitki yetiştiriciliğinde avantaj sağlar. Atıksuların azot ve fosfor içeriği tarımsal gübre gereksinimini azaltmakta veya tamamen ortadan kaldırmaktadır. Atıksuların sulamada kullanılması ile bitki yetiştiriciliği için yararlı olan toprak mikroorganizmalarının metabolik aktiviteleri artmaktadır [14].

Genelde toplam tatlı su tüketiminin % 40'ı gibi oldukça önemli bir bölümünü tarımsal sulama oluşturmaktadır. Dolayısıyla, tarımda, arıtılmış atıksuyun geri kullanımı önemli miktarda su korunumu sağlamaktadır ve diğer kullanımlarla birlikte planlanması halinde ise, geri kullanımda önemli bir yüzdeyi oluşturmaktadır [5]. Bazı bölgelerde tarımsal amaçlar için yüksek su kullanımını giderek daha da artan ihtiyacı karşılamak için yerel su kaynaklarını tüketebilir ve bu nedenle su kaynakları yönetimi için atıksu ıslahı ve yeniden kullanımını içeren entegre bir yaklaşım gerekli olabilir [15].

Tartışmalı bir konu olmasına rağmen atıksular ile tarımsal sulamanın dünyanın birçok bölgesinde uygulandığı bilinmektedir. Dünya'da sulanan tarım arazilerinin 20 milyon hektarının ham, arıtılmış ve/veya kısmen seyreltilmiş atıksularla sulandığı son zamanlarda ifade edilmektedir [16].

US ve Puerto Rico' da yaklaşık 174 milyon hektar toplam tarım alanının yaklaşık 22 milyon hektarı arıtılmış sularla sulanmaktadır. Florida' da arıtılan suyun toplam hacminin yaklaşık %19' u, Kaliforniya' da ise yaklaşık %48'i tarımsal sulama için kullanılmaktadır [12].

Bitki ve ürün sulaması için arıtılan atıksu uygulaması dünya çapında giderek artan bir uygulama olmaktadır. Tarımsal sulama için arıtılan atıksuların kullanılması ile;

- Su kıtlığı çözülebilir,
- Bütün bir yıl boyunca atıksuların büyük bir miktarı bertaraf edilebilir,
- Kalitesi yüksek olan kaynaklar içme suyu olarak kullanılabilir,

- Ekonomik faydalar sağlanabilir,
- Atıksuyun nutrient içeriği tarımsal ürünler için katkı sağlayabilir [15].

Atıksuların tarımda kullanımı hem olumlu hem de olumsuz çevresel etkilere sahiptir. [17]. Tarımsal yeniden kullanım için uygulanan su kalite kriterleri genellikle sağlık problemlerine neden olabilen patojenlerin varlığına odaklanan mikrobiyolojik maddeler, toplam çözünmüş katılar (TDS) ve tuzluluktur. Atıksuların tuzluluk seviyesi genellikle yüksektir ve göreceli olarak maliyetli tuz giderme prosesleri ile kombine edilmezse tuzluluk giderilemez ve su temini maliyeti artar. Bununla birlikte kentsel arıtılmış atıksular humik maddeler, ağır metaller, pestisitler, dezenfeksiyon yan ürünleri, endüstriyel kirleticiler, mikroorganizmalar, organik ve inorganik maddeler içerir. Bu kirleticilerin bir kısmı klasik atıksu arıtımıyla kısmen giderilemediği için arıtılmış suda bulunabilir [18]. Sulama için arıtılan atıksuların yeniden kullanımı, birincil ve ikincil arıtma prosesleri ile giderilemeyen nutrientlerin çoğunu giderdiği için atıksu kullanımının en iyi yolu olabilir, pahalı üçüncül arıtma ihtiyacını azaltır ve sınırlı temiz su kaynakları kentsel amaçlar için kullanılır. Nutrientler, özellikle azot ve fosfor gübre tasarrufunda önemli bir faktör olabilir [19].

Suyun sulama yönünden elverişliliğinin tayini için en önemli özellikler aşağıdaki şekildedir [20, 5].

- Çözünbilir tuzların toplam konsantrasyonu,
- Sodyum ve diğer katyonların nisbi oranı (SAR),
- Bor ve buna benzer toksik elementlerin konsantrasyonu,
- Kalsiyum ve magnezyum,
- Anyonlar (klor, sülfat, nitrat),
- Toplam katı madde, organik madde yükü, yağ ve gres gibi yüzen maddelerin miktarı,
- Patojen mikroorganizmaların miktarı.

Birçok kurak ve yarı kurak ülkede su giderek daha kıt bir kaynak haline gelmektedir. Bu nedenle sulama için iyi kaliteli suların kullanımı bir çok yerde su kaynaklarının azalmasında tehdit oluşturmaktadır ve birçok durumda sulu tarım, artan nüfus için yiyecek sağlayan toprakları sulamak için az ve daha düşük kaliteli su kullanımı sorunuyla karşı karşıyadır [17]. Ancak bu uygulamaya öncelikli olarak patojen mikroorganizmalar ile besinlerin kirlenmesinden dolayı insan sağlığı için riskler taşıdığı düşüncesiyle endişe ile yaklaşmıştır [16]. Aynı zamanda, atıksuyun yeniden kullanımında risk faktörlerinin bir kısmı tespit edilememiştir, bir kısmı (mikrobiyal patojenler gibi) kısa sürede etki ederken bir kısmı (topraktaki tuzluluğun etkisi gibi) uzun vadede etkili olmaktadır [17].

Genellikle tarımda atıksu kullanımına tarımsal ve ekonomik nedenlerden dolayı gerek duyulur ancak olumsuz sağlık ve çevre etkileri minimize edilmelidir [17].

### Kentsel ve Eysel Kullanım

Kentsel kullanım uygulaması, içme suyu dışındaki çeşitli amaçları içerir. Bu amaçlar,

- Park ve eğlence (rekreasyon) alanlarının, spor alanlarının, okul bahçelerinin, oyun alanlarının, otoyol meydanları ve halka ait binaların ve tesislerin çevrelerindeki peyzaj alanlarının sulanması,
- İşyeri, dükkân, ofis ve endüstri kuruluşlarının çevrelerindeki peyzaj alanlarının sulanması,
- Golf sahalarının sulanması,
- Araç yıkama tesisleri, çamaşırhane ve pestisitler, herbisitler ve sıvı gübreler için çözelti hazırlama suyu gibi ticari kullanımlar,

- Çeşmeler, havuzlar, şelaleler gibi manzara amaçlı dekoratif kullanımlar,
- Toz kontrolü ve inşaatlarda beton yapımı için kullanım,
- Yangından korunmak üzere yangın söndürme suyu temini
- Ticari ve endüstriyel binalarda tuvalet suyu olarak kullanımı içerir.

Avusturalya' da yağmur suyu ve arıtılan atıksulardan geri kazanılan su kaynaklarının 70.000 m<sup>3</sup>/günü tuvalet sifon suyu, açık arazileri sulama suyu olarak kullanılmaktadır ve 2000 yerleşik haneye bahçe ve tuvalet yıkama suyu olarak verilmektedir [21]. Kaliforniya'da da arıtılan su miktarının yaklaşık %10'u, Florida' da ise yaklaşık %6'sı rekreasyon, çevre geliştirme ve restorasyon amaçlı kullanılmaktadır [12].

Genellikle ekonomik nedenlerden dolayı bu kullanımlar tercih edilir ve bu uygulamalar atıksu arıtma tesisinin kullanım noktasına yakınlığına bağlıdır [22, 2].

Ayrıca arıtılmış atıksular; gölleri geliştirme, bataklık iyileştirme ve akarsu akımlarını çoğaltma gibi uygulamalar için de kullanılır [2]. Arıtılmış sular habitat oluşturma, restorasyon ve/veya iyileştirme, bir su kütlelerine dışardan önce arıtılmış suya ek bir arıtma sağlama gibi çeşitli sebeplerle de sulak alanlara uygulanabilir [2, 12]. Havuzların, su kütlelerinin ve akarsuların rekreasyonu için kullanılan arıtılmış suların en önemli sorunları sucul çevre ve bu sular ile temasta bulunan insanların (itfaiyeciler ve çeşmelerde oynayan çocuklar gibi) korunmasıdır. Bu nedenle bazı süs havuzları için Banyo Suyu Yönetmeliği geçerlidir. Su kalitesi, sucul organizmalar ve ekosistemler üzerinde olumsuz etkiler göstermemelidir. Bu nedenle bahlara toksik etki eden bileşikler (endokrin sistemine zarar verenler gibi) dikkatli bir şekilde kontrol edilmeli ve izlenmelidir [13].

Banyo/yüzme suyu amaçlı kullanılan arıtılmış sular dezenfeksiyon gibi insan sağlığını korumaya ilişkin özel gereksinimlere ihtiyaç duyar, ayrıca dermatolojik etkiler de dikkate alınmalıdır. Kalite gereksinimleri Avrupa Banyo Suyu Kalite Direktifi 76/160/EEC ile belirlenmiştir. Banyo/havuz suyu için önemli olan iki parametre E. Coli ve Bağırsak Enterokoklarıdır [13].

### **Endüstriyel Kullanım**

Bilindiği gibi dünyada su tüketiminde önemli bir bileşende endüstriyel sulardır ve ülkeler teknolojik olarak geliştikçe endüstriler için su gereksinimi de artmaktadır [23].

Endüstrilerde suyun yeniden kullanımını ABD' de ve diğer gelişmiş ülkelerde geri kazanılan suyun önemli bir uygulamasını temsil eder. Arıtılmış belediye atıksuları gibi dış kaynaklardan gelen geri kazanılmış suların endüstriyel kullanımları; buhar soğutma suyu, kazan besleme suyu, proses suyu ve çevre düzenlemesi ve bakım gibi uygulamaları içerir [22]. Kaliforniya, Arizona, Texas, Florida ve Nevada geri kazanılan suyu soğutma suyu ve proses/kazan besleme suyu olarak kullanan başlıca bölgelerdir. Enerji santralleri; soğutma suyu, kül sulama ve baca gazı yıkama gibi gereksinimler için fazla su ihtiyacından dolayı suların yeniden kullanımları için ideal tesislerdir. Petrol rafinerileri, kimyasal madde tesisleri ve metal işleme tesisleri de geri kazanılmış sudan faydalanan endüstriler arasındadır [12].

Atıksuyun geri kazanılması, endüstriyel atıksuyun tesis içinde geri çevrimi ile ve/veya evsel atıksu arıtma tesislerinde arıtılan suyun kullanılması ile olabilmektedir [20]. Bir endüstriyel tesis içinde su çevrimi çoğunlukla endüstriyel prosesin tamamlayıcı bir parçasıdır ve geri kazanılan ve yeniden kullanılan sular, suyun korunması ve zorlayıcı dışarı

standartı gereksinimlerinin ortadan kaldırılması için geri çevrilir [22].

Soğutma suyu, birçok endüstri için geri kazanılmış suların en yaygın kullanım şeklidir ve tek başına en büyük endüstriyel su ihtiyacını oluşturur [12]. Ancak, soğutma suyu olarak arıtılmış atıksuların kullanılması durumunda, korozyon, çökelek oluşması, mikrobiyal büyüme gibi konulara dikkat edilmesi gereklidir [20].

Arıtılmış suların kazan besleme suyu olarak kullanımı, kazanın işletme basıncına bağlıdır. Genellikle yüksek basınçlı kazanlar kalitesi yüksek sulara ihtiyaç duyarlar. Genel olarak, ister içme suyu ile ister arıtılmış su ile çalışsınlar, tüm kazanlarda sertliğin sifira yakın olması istenir. Kazanlarda çökelek oluşumuna neden oldukları için kalsiyum, magnezyum, silisyum ve alüminyumun arıtılması istenir [12, 20].

Arıtılmış suların proses suyu olarak kullanımı durumunda her bir endüstri için ayrı inceleme yapmak gereklidir. Örneğin, elektrik endüstrisi devre kartları ve diğer elektronik parçaların yıkanması için hemen hemen damıtılmış su kalitesi gerektirirken deri endüstrisi düşük kaliteli su kullanabilir [12, 20].

### **Yeraltısu Beslemesi**

Yeraltısu beslemesinin doğal beslenimi çok yavaştır; uzun vadede azalan yeraltısu seviyesinin sebebi yeraltısu besleniminin aşırı tüketimi ve yok oluşunun yeniden dolm oranından daha büyük oluşudur ve sonunda bu durum yeraltısu kaynaklarının tükenmesine neden olur. Bu nedenle yeraltı suyu havzalarının suni beslenimi giderek önem kazanmaktadır [24]. Arıtılmış suyun yer altı suyu beslenim amaçları [12]:

- Sahil akiferlerine tuzlu su girişimini engellemek için bariyer oluşturmak,
- Gelecekteki yeniden kullanımlar için ilave artım sağlamak,
- İçme suyu veya içme suyu dışındaki akiferleri artırmak,
- Daha sonra kullanmak üzere arıtılmış suyun depolanmasını sağlamaktır.

Yeraltı suyu beslemesi ile su depolamasının bazı avantajları vardır. Bunlar [22, 24].

- Suni beslemenin maliyeti yüzey suyu rezervuarlarının maliyetinden daha azdır.
- Akifer nihai bir doğal arıtma sistemi olarak hizmet verir ve yüzey suları için gerekli olan boru hattı ve kanal ihtiyacını azaltabilir.
- Yüzey rezervuarlarında depolanan sular buharlaşmaya, yosun ve sudaki diğer canlılardan dolayı tat ve koku problemlerine ve kirliliklere maruz kalırken, suni beslemede toprak-akifer arıtma sistemleri (soil-aquifer treatment, SAT) ve yeraltı depolaması ile bu problemler önlenir.
- Yüzey suyu rezervuarları için uygun alanlar mevcut olmayabilir yada çevresel açıdan kabul edilmeyebilir.
- Bir atıksu yeniden kullanım projesine yeraltı suyu reşarjının dahil edilmesi, geri kazanılmış kentsel atıksular ve yer altı suyu arasındaki ilişkinin bir sonucu olarak psikolojik ve estetik faydalar sağlayabilir.

Ayrıca geri kazanılmış suların doğal ortama verilmesi ile geri dönüşüm süresi artar ve böylece çok yavaş parçalanmış kirlenmelerin biyolojik parçalanması için gerekli olan süre kazanılmış olur [25].

Anderson (2003)' e göre, Florida' da geri kazanılmış suların 70.000 m<sup>3</sup>/gün 'ü içme suyu akiferlerine enjekte edilmektedir.

Geri kazanılmış suların yeraltı suyu beslemesinde en yaygın kullanılan iki metot: yüzeysel sızma ve doğrudan akifere enjeksiyondur [24, 22]

Yüzeysel sızma en basit, en eski ve en yaygın kullanılan suni besleme yöntemidir. Yüzeysel sızma da reşarj (besleme) suları doymun olmayan yeraltı suyu zonu (vadoz zon) boyunca sızdırma havzalarından sızdırılır. Sızdırma havzaları alanın verimli bir şekilde kullanımına izin verdiği ve basit bir bakım gerektirdiği için suni reşarjın en çok tercih edilen yöntemidir [22, 24]. Filtrasyon oranı genellikle toprak ve bitki örtüsü bozulmamış yerlerde en yüksektir [24]. Doğrudan yeraltı suyu reşarjı ise su akiferin içine doğrudan enjekte edildiğinde gerçekleşir. Doğrudan enjeksiyonda genellikle oldukça iyi artırılan geri kazanılmış su doymun yeraltısuyla zonuna, özellikle de yüksek su tutma kapasitesine sahip bir akifere doğrudan enjekte edilir. Doğrudan enjeksiyon ile yeraltı suyu reşarjı iki şekilde uygulanabilir:

- Derin yeraltı sularında yada yüzeysel sızdırmanın pratik olmadığı veya çok pahalı olduğu topografya yada arazilerde ve
- Özellikle denizden tuzlu su girişimine karşı sahil akiferlerinde tatlı su bariyerleri oluşturmada etkindir [22, 24].

Hem yüzeysel sızma hem de doğrudan enjeksiyonda, yerleştirilen çekme kuyuları sızdırma havzaları ya da enjeksiyon kuyularından mümkün olduğunca uzak bir mesafededir, ve böylece reşarj edilen suyun akış yolu uzunluğu ve temas süresi artar. Yer ve zamandaki bu mesafeler reşarj edilen su ve diğer akifer bileşenlerinin karışmasına katkı sağlar, uygun biyolojik ve kimyasal dönüşümler için bir imkan oluşur ve reşarj edilen kentsel atıksu kökenli suyun kimliği kaybolur [24].

## SONUÇLAR

Dünyanın birçok yerinde hızlı nüfus artışı, kentleşme ve endüstrileşme gibi sebeplerle su kaynaklarına olan ihtiyacın giderek arttığı ve yine aynı sebeplerle de su kaynaklarının hızla tükendiği bilinmektedir. Bu durumun bir sonucu olarak da doğru su yönetimi ile birlikte artırılmış atıksuların yeniden kullanımını gündeme gelmektedir.

Aritılmış atıksular en yaygın tarımsal uygulamalar için kullanılır. Aritılmış atıksuların tarımsal amaçlı kullanımı ile hem atıksu bertarafı sağlanır hem de arıtılmış atıksuyun bünyesindeki nutrientler toprağın gübre ihtiyacını karşılar. Bu da ekonomik bir fayda sağlamaktadır.

Aritılmış atıksuların başlıca kullanım alanlarından biri de kentsel ve evsel amaçlı kullanımdır. Aritılmış atıksuların kentsel ve evsel kullanım alanları arasında park, bahçe sulaması, golf sahalarının sulanması, yangın söndürme suyu, tuvalet suyu, otoyol meydanlarının sulanması, inşaatlarda toz kontrolü amaçlı kullanımlar sayılabilir.

Aritılmış atıksuların bir diğer kullanım alanı ise endüstriyel kullanımdır. Aritılmış atıksular endüstrilerde başlıca soğutma suyu olarak kullanılmasına rağmen proses suyu ve kazan besleme suyu gibi çeşitli amaçlar için de kullanılmaktadır.

Aritılmış atıksular yeraltısuyla beslemesi amaçlı da kullanılabilir. Yeraltısuyla akiferlerinin suni besleniminin temel amacı özellikle sahil bölgelerinde tuzlu su girişimine karşı bariyer oluşturmaktır.

Aritılmış atıksuların çeşitli amaçlar için yeniden kullanımı hem giderek tükenmekte olan tatlı su kaynakları için tasarruf

sağlayacak hem de atıksuların yüzey sularına deşarjını ortadan kaldırarak yüzey ve yer altı sularının kirlenmesini önleyecektir.

## KAYNAKLAR

- [1] Urkiaga, A., De Las Fuentes, L., Bis, B., Chiru, E., Balasz, B. ve Hernandez, F. 2006. Development of Analysis Tools for Social, Economic and Ecological Effects of Water Reuse. *Desalination* 218 (2008) 81-91.
- [2] Asano, T. 2001. Water from (Waste) Water – The Dependable Water Resource. Stockholm Water Symposium, Stockholm, Sweden.
- [3] Samsunlu, A., 2006. Atıksuların Arıtılması, İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 647.
- [4] Meneses, M., Pasqualino, J. C. ve Castells, F. 2010. Environmental Assesment of Urban Wastewater Reuse: Treatment Alternatives and Applications. *Chemosphere* 81(2010) 266-272.
- [5] Büyükkamacı, N. ve Onbaşı A. N. 2007. Endüstriyel Atıksuların Yeniden Kullanımının Değerlendirilmesi: Entegre Et Tesisi Atıksuları. 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, İzmir, 502-510.
- [6] Salgot, M., 2006. Water Reclamation, Recycling and Reuse: Implementation Issues. *Desalination* 218 (2008), 190-197.
- [7] Friedler, E., 2000. Water Reuse – An Integral Part of Water Resources Management: Israel As A Case Study. *Water Policy* 3 (2001), 29-39
- [8] Miller, G. W. 2005. Integrated Concepts in Water Reuse: Managing Global Water Needs. *Desalination* 187 (2006), 65-75.
- [9] Bozkurt, S. ve Ödemiş, B., 2007. Geri Dönüşüm Sularının Damla Sulamada Kullanım Olanakları. 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, İzmir, 777-780.
- [10] Tsiridis, V., Kougiolos, A., Kotios, A. Plageras, P. ve Saratsis, Y. (2009). Wastewater Reclamation and Reuse. *Discussion Paper Series*, 15(7): p. 139-148.
- [11] Petala, M., Tsiridis, V., Samaras, P., Zouboulis, A. ve Sakellariopoulos, G. P., 2005. Wastewater Reclamation by Advanced Treatment of Secondary Effluents. *Desalination* 195 (2006), 109-118.
- [12] EPA, 2004. Guidelines for Water Reuse, EPA/625/R-04/108, September, U.S. Agency for International Development, Washington, DC, 450.
- [13] Huertas, E., Salgot, M., Hollender, J., Weber, S., Dott, W., Khan, S., Schafer, A., Messalem, M., Bis, B., Aharoni, A. ve Chikurel, H. 2006. Key Objectives For Water Reuse Concepts. *Desalination* 218 (2008), 120-131.
- [14] Kukul, Y.S., Ünal Çalışkan, A. D. ve Anaç, S. 2007. Aritılmış Atıksuların Tarımda Kullanılması ve İnsan Sağlığı Yönünden Riskler. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 44 (3), 101-116.
- [15] Lubello, C., Gori, R., Nicese, F. P. ve Ferrini, F. 2004. Municipal – Treated Wastewater Reuse For Plant Nurseries Irrigation. *Water Research* 38 (2004), 2939-2947.
- [16] Hamilton, A. J., Stagnitti, F., Premier, R., Boland, A-M. ve Hale, G. 2006. Quantitative Microbial Risk Assesment Models For Consumption of Raw Vegetables Irrigated With Reclaimed Water. *Applied and Environmental Microbiology*, 3284-3290.
- [17] Alobaidy, A. H. M. J., Al-Sameraiy, M. A., Kadhem, A. J. ve Majeed, A. A. 2010. Evaluation of Treated Municipal Wastewater Quality for Irrigation. *Journal of Environmental Protection*, 2010, 1, 216-225.

- [18] Candela, L., Fabregat, S., Josa, A., Suriol, J., Vignes, N. ve Mas, J. 2007. Assesment of Soil and Groundwater Impacts by Treated Urban Wastewater Reuse. A Case Study: Application in A Golf Course (Girona, Spain). *Science of The Total Environment* 374 (2007), 26-35.
- [19] Massoud, M. ve El- Fadel, M. 2002. Economic Feasibility of Wastewater Reuse in Agriculture: A Case Study. *Proceedings of International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management, Tunis (EPCOWM'2002)*, 598-607.
- [20] Büyükkamacı, N. 2009. Su Yönetiminin Etkin Bileşeni: Yeniden Kullanım. *İzmir Kent Sorunları Sempozyumu*, 363-377.
- [21] Anderson, J. 2003. The Environmental Benefits Of Water Recycling And Reuse. *Water Science Techonology: Water Supply Vol 3, No 4*, 1-10.
- [22] Metcalf and Eddy, 2004. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, McGraw Hill, New York, 1820p.
- [23] İleri, R., Sümer, B., Gezbul, H. ve Şenol, E. 1996. Atık Kağıt İşleme Endüstrisinde Atıksu Miktarının Azaltılması ve Geri Kazanımıyla Çevrenin Korunması. *Ekoloji Dergisi*, Sayı: 21, 16-22.
- [24] Asano, T. ve Cotruvo, J. A. 2004. Groundwater Recharge With Reclaimed Municipal Wastewater: Health and Regulatory Considerations. *Water Research, Volume 38, Issue 8*, 1941-1951.
- [25] Dillon, P., Pavelic, P., Toze, S., Rinck- Pfeiffer, S., Martin, R., Knapton, A. ve Pidsley, D. 2005. Role of Aquifer Storage in Water Reuse. *Desalination* 188 (2006), 123-134.