

ARITILMIŞ ATIKSU POTANSİYELİMİZ VE KULLANIM POLİTİKAMIZ



RAPOR NO: 41

RAPORUN ADI: ARITILMIŞ ATIK SU POTANSİYELİMİZ VE KULLANIM POLİTİKAMIZ

Raporu Hazırlayan

Dursun Yıldız,

Rapor Hakkında

2007–2013 yılları arasında uygulanan Dokuzuncu Kalkınma Planı'nda Çevrenin Korunması ve Kentsel Altyapının Geliştirilmesi başlığı altında, su alanına yapılan atıklar arasında “atıksuların arıtıldıktan sonra tarım ve sanayide kullanılmasının teşvik edilmesi” ifadesi yer almaktadır. Ayrıca (2014–2018) Onuncu Kalkınma Planı'nda da Kentsel Altyapı başlığı altındaki politikalar arasında “arıtılan atık suların yeniden kullanımı özendirilecektir” ifadesi yer almıştır.

"Suyun yeniden kullanımı", kullanılmış suyun, atıksu arıtma tesisleri ile arıtılıp döngüsel su kullanımı çevrimi içine alınmasını ifade eder.

Arıtılmış atıksuların tarımsal sulama, sanayi, akifer besleme ve tuvalet sifon suyu, yeşil alan sulaması vb. amaçlı yeniden kullanımı, dünyada giderek yaygınlaşmaktadır. Bu konu ülkemiz açısından da büyük önem taşımaktadır. Arıtılmış atıksuların yeniden kullanımında, kullanım amacının gerektirdiği su kalitesi kriterlerinin sağlanması da ayrıca önemlidir.

Bu konu, ARITILMIŞ ATIKSULARIN YENİDEN KULLANIMI VE YAĞMUR SUYU HASADI SİSTEMLERİ (EL KİTABI) kitabında Prof.Dr. İzzet Öztürk, Prof Dr. Ayşe Gül Tanık ve Y Müh Gökhan Cüceloğlu tarafından ele alınarak Belediyeler Birliği tarafından yayınlanmıştır. Çok kapsamlı ve faydalı bir yayın olan bu çalışmanın yanısıra son dönemde ulusal ve uluslararası alanda araştırma çalışmalarının da arttığı görülmektedir.

Su kaynakları üzerine artan baskılar su kaynakları yönetimini mevcudu en verimli kullanma ve suyu çevrimiçi kullanma anlayışına doğru yöneltmiştir. Bu bağlamda, dünyada çeşitli örneklerine de rastlanan arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı öne çıkmaktadır. Ülkemizde henüz atıksularının tamamı arıtılmamaktadır; ancak özellikle ileri ve biyolojik arıtmadan geçirilen suların tarımsal sulamaya kayda değer bir katkısı olacağı bilinmektedir. Dolayısıyla arıtılmış atıksu potansiyelimiz ve kullanımımız konusundaki çalışmaların artırılması önem taşımaktadır.

Bu raporda, alternatif su kaynakları arasında önemi hızla artan atıksuların dünyada ve ülkemizde geri kazanımı ve kullanımı konusunda güncel bilgiler verilmiştir. Bu alternatifin sağladığı avantajlar ve riskleri ele alınmış, kullanımı için uyulması gereken yasal mevzuattan da söz edilmiştir.

Faydalı olmasını umuyoruz

Saygılarımızla

Dursun Yıldız

Başkan 19 Ekim 2021

1.SU HAVZALARINDA NOKTASAL VE YAYILI KİRLİLİK KAYNAKLARI.....	4
2.KULLANILMIŞ SULARIN YENİDEN KULLANILMASI.....	5
3.BAZI ALTERNATİF SU KAYNAKLARI	6
3.1.Arıtılmış Atık Suyun Endüstriyel Kullanımı	8
3.2.Arıtılmış Atıksuların Tarımsal Amaçlı Kullanımı	9
3.3. Arıtılmış Suların Kullanım Riskleri.....	15
4.ÇEŞİTLİ ÜLKELERDEN ARITILMIŞ ATIKSUYUN KULLANIMI ÖRNEKLERİ.....	17
5.TÜRKİYE'DEKİ ATIKSU ARITMA TESİSLERİ'NİN (AAT) DURUMU....	20
6.ARITILMIŞ ATIKSUYUN TÜRKİYE'DE SULAMADA KULLANIMI.....	21
7.SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	23
8.KAYNAKÇA	24

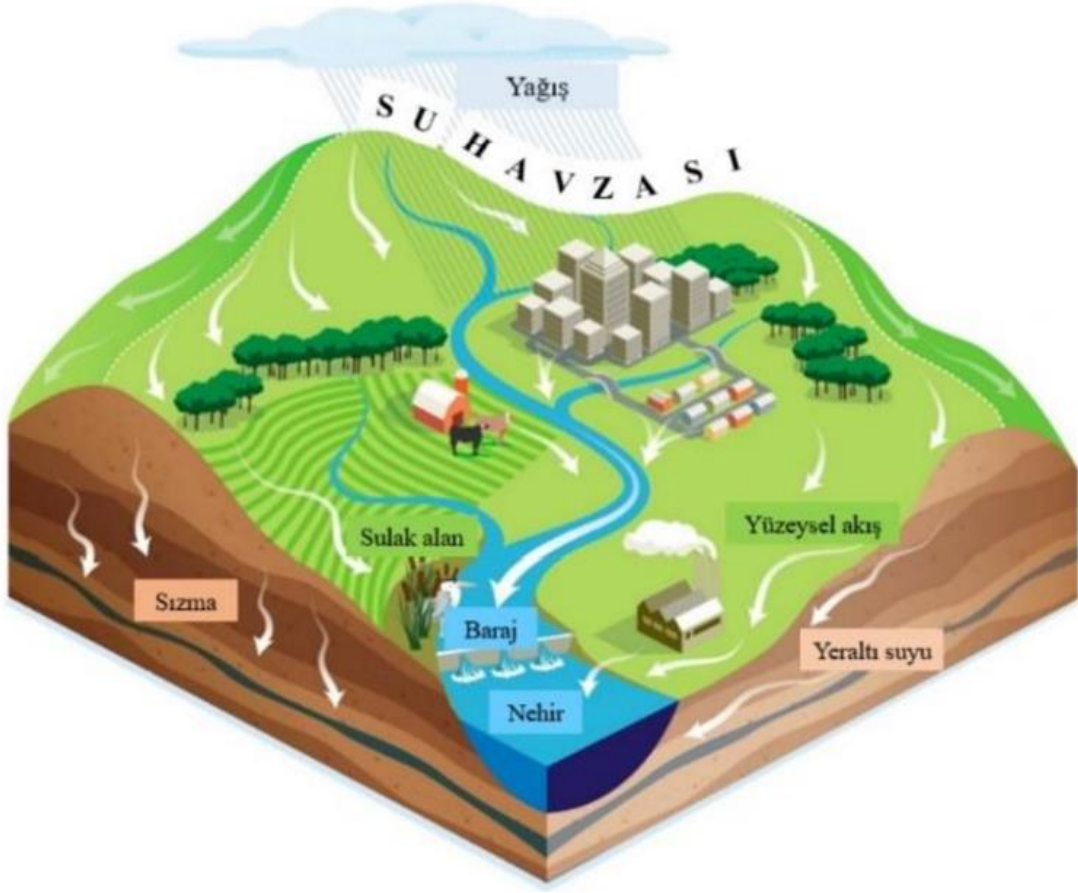




ÖZET VE ÖNERİLER

- Arıtılmış atık su ilave ve güvenilir bir su kaynağı olarak ortaya çıkmaktadır
- Alıcı ortama deşarjın azalmasını sağlayarak çevresel etkilerin azalmasına imkan sağlamaktadır
- Türkiye’de son yıllarda arıtılmış atıksuların yeniden kullanımını teşvik etmek amacıyla önemli projeler yürütülmüştür.
- Ülkemizde arıtılmış atıksuların yeniden kullanım oranı %2,5’tur. Ancak son yıllarda yapılan projelerin uygulanması ile bu oranın artacağı düşünülmektedir.
- Su yönetiminde asıl amaç suyun daha az kirletilmesi, kirliliğin olabildiğince kaynaktan kontrolü, yağmur suyu ve farklı kirlilik yükü taşıyan suların farklı toplanması, binalarda ikili tesisatın zorunlu olması ve evsel atıksuyun ayırık akımlar olarak toplanması olmalıdır
- Evsel atıksuların ayırık akımlar halinde toplanıp kaynak olarak değerlendirilmesi, doğal kaynakların verimli kullanımı ve geri kazanım açısından önemli bir atıksu yönetim alternatifi sunmaktadır
- Gri suların arıtıldıktan sonra su çevriminin bir çok noktasına döndürülebilmesi su kaynaklarının verimli kullanımı açısından önem taşımaktadır. Su kısıtı yaşayan yörelerle mevsimsel su talebi farklılıklarının belirgin olduğu turistik bölgelerde bu önem artmaktadır.
- Suyun yeniden kullanımını çevresel, ekonomik ve sosyal faydalar sunarken aynı zamanda olası dezavantajları da beraberinde getirmektedir.
- Arıtılmış atık suyun tekrar kullanılmasına ilişkin standartlara uyulması ve gerekli denetimlerin çok dikkatli ve sürekli bir şekilde yapılması büyük önem taşımaktadır.

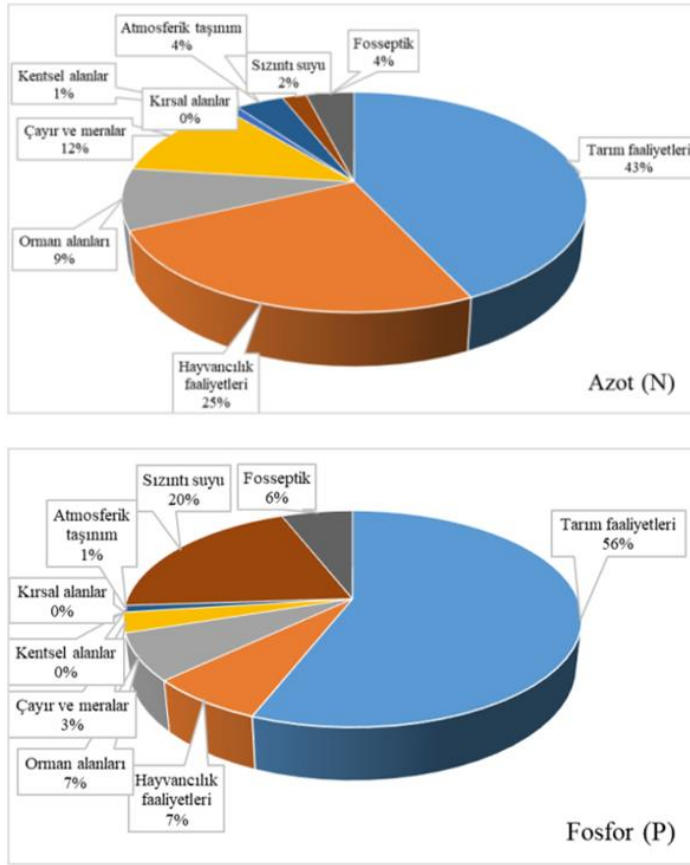
1.SU HAVZALARINDA NOKTASAL VE YAYILI KİRLİLİK KAYNAKLARI



Şekil 1. Havza gösterimi (5)

Şekil1’de gösterimi verilen su havzaları, noktasal ve yayılı kirlilik kaynakları sebebiyle kirliliğe maruz kalmaktadır. Toplam noktasal kirlilik yükü, kentsel AAT deşarjları ve dolu savaklardan gelen yük ile arazi arıtmalarından kaynaklanan yükün toplamını ifade etmektedir. Öte yandan başlıca yayılı kirlilik kaynakları; tarım ve hayvancılık dışı arazi kullanımı, tarımsal faaliyetler, hayvancılık faaliyetleri, atmosferik taşınım, fosseptikler ve düzensiz katı atık depolama alanları olarak sıralanabilir. Noktasal ve yayılı kirletici kaynaklardan oluşan en önemli kirlilik parametreleri makro besi maddeleri olan azot (N) ve fosfor (P)’dur. Su kaynaklarındaki kalitenin iyileştirilmesi ve korunması için noktasal kirleticilerin yanı sıra, su ve havza kirlenmesi üzerinde büyük etkisi olan yayılı kirleticilerin belirlenmesi ve kontrolü de son derece önemlidir (6).

Bir havzadaki noktasal ve yayılı kirlilik yükünün kaynaklara göre dağılımı, bölgenin sosyoekonomik özelliklerine göre değişiklik göstermektedir.



Şekil 2. Melen Havzası'ndaki yayılı azot ve fosfor kirlilik yükleri dağılımı (4)

Örneğin Melen Havzası'nda toplam azot kirlilik yükünün %72'si yayılı, %28'i noktasal kaynaklıdır (Gürel vd., 2011). Bu havzada toplam fosfor yükünün %38,5'u yayılı, geriye kalan %61,5'u noktasal kirlilik kaynakları ile havzaya ulaşmaktadır. Havzada azot kaynaklı yayılı kirliliğinin %43'ü tarım, %25'i hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanmakta; orman alanları, çayır ve meralardan gelen azot yükü toplam yükün %12'sine tekabül etmektedir (Şekil 2).

Öte yandan, toplam azot yükünün yalnızca %2'si katı atık depolama sahalarında oluşan sızıntı suyundan kaynaklanırken, bu sahalardaki sızıntı sularının toplam fosfor yükündeki payı ise %20'dir. Fosseptik kaynaklı azot ve fosfor kirlilik yükleri ise sırasıyla %4 ve %6 olarak verilmiştir. Toplam fosfor yükünün büyük bir çoğunluğunu oluşturan tarım faaliyetleri (%56) dışında havzaya fosfor yükü getiren diğer kaynaklar orman alanları (%7), çayır ve meralar (%3) olarak belirlenmiştir (35).

2.KULLANILMIŞ SULARIN YENİDEN KULLANILMASI (13)

Günümüzde, tarımsal sulama, yeşil alan sulama, endüstriyel yeniden kullanım, rekreasyonel ve çevresel amaçlarla kullanım, içme suyu amaçlı olmayan kentsel kullanım, yeraltı suyu besleme, doğrudan ve dolaylı olarak içme suyu amacıyla kullanım olmak üzere, kullanılmış

suların pek çok yeniden kullanım alanı bulunmaktadır. Türkiye’de bu konuda çeşitli uygulamalar bulunmakta olup 2017-2019 yılları arasında Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen proje kapsamında kullanılmış suların yeniden kullanım alternatifleri değerlendirilmiştir.

Dünyadaki atıksuların %80’inin arıtılmadan su kaynaklarına ulaştığı düşünülürse (14), içme suyu amacıyla dolaylı kullanım da dahil olmak üzere plansız yeniden kullanımların bilinenden çok daha yaygın olduğu anlaşılmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından 1989 yılında yayınlanan rehber doküman, kullanılmış suların yeniden kullanılması konusundaki pek çok mevzuatın oluşturulmasında referans olarak kullanılmaktadır (15). Konuyla ilgili olarak DSÖ tarafından üretilen dokümanlar, suyun farklı yeniden kullanım amaçlarına odaklanmış olsa da, ortak noktaları halk sağlığını ilgilendiren konularda güvenli bir yaklaşım getirmeyi hedeflemeleridir.

Risk değerlendirmesi, epidemiyolojik çalışmalar, sudan kaynaklanan salgın hastalıklarla ilgili veriler gibi pek çok çalışma neticesinde genel bir çerçeve çizilebilmiş böylece etkili, uygulanabilir ve güvenilir standartlar ve rehber dokümanlar geliştirilebilmiştir. DSÖ tarafından üretilen rehber dokümanlardaki temel yaklaşım mikrobiyolojik kontaminasyonu ve buna bağlı olarak gerçekleşebilecek sağlık problemlerinin önüne geçmektir. Bu anlamda atıksuların doğru şekilde arıtıldığından, dezenfekte edildiğinden ve bu sular ile temas riski bulunan kişilerin hijyen ile ilgili önlemleri aldıklarından emin olunması gereklidir.

Özellikle insanların kullanılmış su ile doğrudan temas edeceği ya da işlenmemiş gıdalar dolayısıyla kullanılmış suyu tüketebileceği durumlarda, bu temasın sağlık problemlerine yol açmayacağından emin olmak gerekir. Arıtma tesislerinin doğru ve projelendirildiği şekilde işletilmesi, mevcut dezenfeksiyon ünitelerinin çalıştırılması ve çıkış suyunun dezenfekte edildiğinden emin olunması da alınması gereken önlemlerin başında yer almaktadır.

Kullanılmış suların yeniden kullanımını konusundaki başlıca uygulamalar tarımsal sulama ve peyzaj sulama faaliyetleri ile ilgilidir. Seçilen sulama tekniğine göre insanların arıtılmış kullanılmış suya maruz kalma riski farklılık gösterecektir. Genel olarak yağmurlama sulama tercih edildiğinde sağlık riskleri artmaktadır. Bunun başlıca sebebi olarak potansiyel kirleticilerin sadece toprağa değil, ürünlerin yüzeyine de yayılması ile bakteri ve virüs gibi patojenleri taşıyan aerosollerin yakındaki yerleşim bölgelerine ulaşması gösterilebilir. Dolayısıyla kullanılmış sular ile sulama söz konusu ise yağmurlama yöntemiyle sulamadan mümkün olduğu kadar kaçınmak gerekir. Eğer mümkün değilse daha sıkı kalite standartları uygulamak ve damlacıkların rüzgarla yayılmasını engellemek amacıyla, nispeten kaba damlalar üreten sulama sistemlerinin tercih edilmesi gerekmektedir. Yerleşim yerlerine, yollara ve parklara yakın yerlerde ise bu uygulamaya izin verilmemelidir (16). Kullanılmış suların yeniden tarımsal sulamada kullanılması hususunda en büyük risklerden birisi de çiğ tüketilen sebzelerin sulanmasında kullanılmasıdır. (17).

3.BAZI ALTERNATİF SU KAYNAKLARI

Atıksuların geri kazanımı önemi gittikçe artan alternatif bir su kaynağıdır. Ancak bunun yanı sıra, gri su olarak tabir edilen ve evsel atıksuların bir kısmını oluşturan atıksuların (banyo, duş ve lavabo suları) kaynağında ayrı toplanabilmesi ve uygun arıtma teknolojisi ile arıtılması durumu için de, gerek dünyada gerekse ülkemizde uygulamaları vardır. Bir diğer alternatif su

kaynağı olan yağmur sularının özellikle uygun miktarda yağış alan yörelerde biriktirilerek, çeşitli kullanım amaçlarına hizmet etmesi ile yeni bir su kaynağı oluşturulması da, gerek kalite gerek miktar bakımından önem arz etmektedir(1).

Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanım Seçenekleri(1)

Tablo 1. Arıtılmış atıksuların kullanım alanları (Karakaya ve Göneç, 2005)

<i>Kullanım Yeri</i>	<i>Uygulama/Amaç</i>	<i>Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar</i>
<i>Şehir</i>	<i>Parkların, peyzaj sahalarının ve diğer yeşil alanların sulanması Parkların, peyzaj sahalarının ve diğer yeşil alanların sulanması, golf sahalarının sulanması Ticari amaçlı kullanım (araç yıkama, vb.) Dekoratif amaçlı kullanım (kent içindeki havuzlar, fiskiyeler, şelaleler, vb.) Toz kontrolü Beton üretimi Yangınla mücadele ve yangından korunma İş merkezlerinin ve iş yerlerinin tuvaletlerinde</i>	<i>Halk sağlığı, gerekli arıtma yapılmaması durumunda yüzeysel ve yeraltı sularının kirlenme riski</i>
<i>Endüstri</i>	<i>Soğutma suyu Kazan besleme suyu Proses suyu Endüstriyel tesislerin bahçelerinin sulanması</i>	<i>Korozyon, biyofilm oluşumu, kireçtaşı oluşumu, köpük oluşumu, tıkanma</i>
<i>Tarım</i>	<i>Sulama</i>	<i>Gerekli arıtma yapılmaması durumunda yeraltı sularının kirlenme riski, halk sağlığı, ürün kalitesi, toprak kirlenmesi, kabul edilebilirlik</i>
<i>Restorasyon/Rekreasyon</i>	<i>Sulak alanların iyileştirilmesi/geliştirilmesi Rekreasyon amaçlı kullanım (su sporları, balık tutmak, vb.) Akarsuların beslenmesi Diğer (Balık üretimi, yapay kar, vb.)</i>	<i>Halk sağlığı, ötrofikasyon, koku, estetik bozulma</i>
<i>Yeraltı Suyuna Besleme</i>	<i>Kıyı şeridinde bulunan kuyulara tuzlu su girişini önlemek için bariyer teşkilinde İleri arıtmanın sağlanması Akiferlerin su kapasitesinin artırılması Geri kazanılmış suyu depolamak Zemin çökmelerinin kontrolü veya engellenmesi</i>	<i>Yeraltı su kalitesinin bozulma riski</i>
<i>İçmesuyu Kaynağı</i>	<i>Doğrudan içmesuyu kaynağı olarak Dolaylı içmesuyu kaynağı olarak</i>	<i>Halk sağlığı, kabul edilebilirlik, mikrokirleticiler ve olası etkileri</i>

Arıtılmış atıksuların yeniden kullanım seçenekleri Tablo 1’de verilmiştir. Tablodan da anlaşılacağı üzere, arıtılmış atıksular yoğun olarak arazi sulama ve yeraltı suyunu beslemede kullanılmaktadır. Atıksuların araziye verilmesi, sadece sıcak ve kuru iklimlere mahsus bir

uygulama olmayıp belirli şartların sağlanması durumunda yaygın biçimde tercih edilmektedir. Arıtılmış atıksuların araziye verilmesi işlemleri; tarımsal ürünlerin sulanması, planlanmış/inşa edilmiş besleme sistemlerinde infiltrasyon (sığ havuzlardan yeraltı suyu beslemesi vb.) ve buharlaştırma havuzları kullanımı olmak üzere üç ana grupta incelenebilir (1).

Atıksuların yeniden kullanım seçenekleri kabaca kentsel, endüstriyel, tarımsal, rekreasyon, yeraltı suyunu besleme ve içme suyu kaynağı olmak üzere 6 ana başlık altında ele alınmaktadır.

Gelecekte küresel iklim değişimi (özellikle kuraklık) dolayısıyla nehir akışlarının %20-30 oranında azalması durumunda, ileri derecede arıtılmış atıksu deşarjlarının daha değerli ve kritik bir alternatif su kaynağı durumuna gelebileceği unutulmamalıdır. Bu durumda arıtılmış atıksu kullanımının önemi daha da artacaktır. Ancak akarsuların seyreltme kapasitesi azalacağı için İleri Biyolojik AAT çıkışında “Ozonla Oksidasyon + Granüler Aktif Karbon Filtrasyonu” uygulaması gerekebilecektir.(4).

Bu çalışmada daha çok arıtılmış atık suyun endüstride ve tarımda kullanılması üzerinde durulacaktır.

3.1.ARITILMIŞ ATIK SUYUN ENDÜSTRİYEL KULLANIMI

Geri kazanılmış suyun özellikle içme suyu kalitesinde suya ihtiyaç duyulmayan endüstriyel faaliyetlerde kullanılması mümkündür. Geri kazanılmış su endüstrilerde;

- Soğutma suyu,
- Kazan besleme suyu,
- Proses suyu olarak kullanılabilir.

Bunlar arasında geri kazanılmış suyun soğutma suyu olarak kullanılması en yaygın uygulamalardan biridir. Geri kazanılmış suyun endüstrilerde proses suyu olarak kullanılabilirliği kullanım yerine göre değişmektedir. Örneğin elektronik sanayinde saf suya yakın kalitede su istenirken, tekstil, kağıt ve metal endüstrilerinde daha düşük kaliteli su kullanılabilir (24).

ABD’de Kaliforniya, Arizona, Teksas, Florida ve Nevada geri kazanılan suyu soğutma suyu ve proses/kazan besleme suyu olarak kullanan başlıca eyaletlerdir. 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 (23).

Atıksuyun geri kazanılması, endüstriyel atıksuyun tesis içinde geri devri ile ve/veya evsel AAT’lerde arıtılan suyun girdisi ile mümkün olabilmektedir. Bir endüstriyel tesis içinde su çevrimi çoğunlukla endüstriyel prosesin tamamlayıcı bir parçasıdır; geri kazanılan ve yeniden kullanılan sular, suyun korunması ve deşarj standartlarının sağlanması amaçlarına hizmet eder. Soğutma suyu, birçok endüstri için geri kazanılmış suların en yaygın kullanım şeklidir ve tek başına en büyük endüstriyel su ihtiyacını oluşturur. Ancak, soğutma suyu olarak arıtılmış atıksuların kullanılması durumunda, korozyon, çökelek oluşması, mikrobiyal büyüme gibi konulara dikkat edilmesi gerekir. Arıtılmış atıksuların 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 beslensinler, tüm

kazanlarda sertliğin sıfıra yakın olması istenir. Kazanlarda çökelti (kabuk) oluşumuna neden oldukları için kalsiyum, magnezyum, silisyum ve alüminyumun arıtılması istenir. Arıtılmış suların proses suyu olarak kullanımı durumunda her bir endüstri için ayrı inceleme yapmak gerekir. Örneğin, elektrik endüstrisi devre kartları ve diğer elektronik parçaların yıkanması için hemen hemen damıtılmış su kalitesi gerekirken, deri endüstrisi düşük kaliteli su kullanabilir (22).

3.2.ARITILMIŞ ATIKSULARIN TARIMSAL AMAÇLI KULLANIMI

Evsel atıksuların arıtılarak tarımsal kullanım için sulama amaçlı olarak araziye uygulandığı en eski kanalizasyon sistemi on altı ve on yedinci yüzyıllarda Almanya'nın Bunzlau kentinde ve Edinburgh, İskoçya'da işletilmiştir (27). Latin Amerika'da 400 m³ /s'lik ham atıksu yüzeysel sulara deşarj edilmekte ve neredeyse 500 000 hektarlık tarım arazisi büyük bir kısmı arıtılmamış olan atıksuyla sulanmaktadır (Meksika-350000 ha, Chile-16000 ha, Peru and Argentina-5500-3700 ha). Meksika'da atıksuyla sulama 1926'da farklı ürünlerin sulanmasıyla başlamıştır ve bundan 80 yıl sonra atıksular 40 farklı yeniden kullanım alanına sahip olmuştur ki bunun yalnızca %11'i toplam 350 000 hektarlık tarımsal alanın sulanması için arıtılmaktadır (28).

Tarımsal Sulama



Tarımda arıtılmış atıksuların kullanımı öncelikle üretimin artmasına katkıda bulunur. Bunun nedeni arıtılmış atıksuların, bitkinin besin maddesi olan nütrientleri içermesidir. Arıtılmış atıksuların nütrient açısından zengin olması zirai amaçlı kullanımlarında artışa neden olmaktadır . Sulamada geri kazanılmış su kullanımı toprak verimliliğini artırabilir. Ek olarak, ıslah edilmiş sudaki azot ve fosfor çoğu, bitkiler tarafından kolaylıkla kullanılabilen formlarda bulunur. Toprakta ilgili element içeriklerindeki değişiklikler nedeniyle, geri kazanılmış sulama ile topraktaki enzim faaliyetleri de iyileştirilebilir. İyileştirilmiş su, azot, fosfor ve potasyum

gibi birçok besleyici içerdiğinden, geri kazanılmış su ile tarımsal sulama, gübre kullanımını azaltabilir.

Bir evsel atıksuyun sulama suyu olarak geri kazanılmasında su kalitesi açısından kullanılabilir en önemli patojen mikroorganizma, indikatörler, koliform konsantrasyonudur. Atıksular tarımsal sulamada yeniden kullanılırken, dikkat edilmesi gereken kriterler vardır. Bunlar, sulanacak bitkide meydana gelebilecek birikme, patojen mikroorganizmaların halen yaşama riski ve kimyasal maddelerin birikmesi durumudur. Yeşil alanların sulanması durumunda ise halkın bu bölgeye girmesi, eser elementlerin birikmesi gibi riskler vardır. Atıksuların geri kullanımı durumunda, bu hususlara dikkat edilmesi gerekir. [25].

Ürün Seçimi ve Ürün Dağılımı

Bir arazide normalde yetişebilecek ürünler arasından hangisinin veya hangilerinin seçileceği, sulama suyu olarak kullanılacak olan atıksuyun kalitesi dikkate alınarak karşılaştırılır. Atıksular ile yetiştirilebilecek ürünler aşağıda verilmektedir:

Yem bitkileri : Ot ve çim çeşitleri, yonca ve benzeri yem bitkileri

Arazi bitkileri : Mısır, darı, buğday, arpa, çavdar, pirinç, baklagiller, akdarı, şeker pancarı, pamuk, keten, yağ bitkileri (ayçiçeği, kolza, kanola), tütün

Sebzeler : Domates, patates, salatalık, enginar, brokoli, ıspanak, soya fasulyesi, fasulye, kabak, karnabahar, bamyası

Meyveler : Turunçgiller, elma, çilek, üzüm, muz

Diğerleri : Çeşitli ağaçlar, ormanlar, süs bitkileri ve çiçekler

Şehirlerin yakınlarında bulunan sulama sahalarında kullanılacak atıksu kalitesi, sağlık yönünden doğabilecek problemlerin önüne geçmek için, ciddiye alınmalıdır. Sulamada arıtılmamış veya az arıtılmış atıksu kullanılacaksa, yem bitkileri veya çığ yenmeyecek arazi bitkileri tercih edilmelidir.

Ayrıca, atıksu ile toprağın kimyasal içerikleri ve bunların muhtemel etkileşimleri de, seçilen ürün çeşidini etkilemektedir. Örneğin, meyveler, kimyasal kalite, tuzlar vb. karşı çok hassastır. Çok gübre isteyen bitkiler, atıksu sulamasına daha elverişlidir. Bu bitkilere örnek olarak bazı yem bitkileri (alfalfa), mısır, yonca ve soya fasulyesi sayılabilir. Yerel tarım tecrübeleri, ürünlerin pazarlanma durumu, iklim, zemin cinsi ve atıksu kalitesi, yetiştirilecek ürünün seçiminde göz ardı edilemeyecek faktörlerdir. Ayrıca, ürünün mekanize tarıma uygunluğu, çevrede gübre ve tarım ilaçları temin imkanları da dikkate alınmalıdır. Atıksu ile hangi mevsimde hangi ürünün arazinin hangi kısmında yetiştirileceği de önemlidir. Her bitki türünün su ve gübre ihtiyacı, yetiştirme süresi gibi özellikleri farklı olduğundan, en uygun bitki türleri seçilirken bu hususlara dikkat edilmelidir(1).

Atıksu Kalitesi

Bir atıksuyun sulamada kullanıma uygun olup olmadığı, sulama suyu kriterlerine göre belirlenir. Sudaki sodyum, kalsiyum, TÇM (Toplam çözünmüş madde) ve bitkilerin ağır metal alma, nütrient (N, P) kaybetme, patojen taşıma gibi özellikleri dikkate alınır. Söz konusu ulusal standartlar Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği Ek-7'de verilmektedir.

Ön Arıtma

Ön arıtma, toprak-bitki-su sisteminin sürdürülebilirlik esasına göre yapılmalıdır. Ön arıtma esnasında pH ayarlaması veya karbonlu organik madde giderimi yapılabileceği gibi, bazı durumlarda daha karmaşık kimyasal ayarlamalar da yapılabilir. Evsel atıksular ve yüksek BOİ'li tarımsal-endüstriyel atıksular için, doğal yöntemler uygulanarak basit ön arıtma yapılabilir. Böylece, deşarj standartları ve kaynak korunması sağlanmış olur.

Ön arıtma,

- Oksidasyon havuzları
- Havalandırılmalı lagünler
- Anaerobik reaktörler ve bunları takip eden alg, su sümbülü ve su mercimeği havuzları ile gerçekleştirilebilir.

Bu yöntemler çok az enerji gerektirir, hatta hiç gerektirmeyebilir. Ancak bu sistemlerin yer (arazi) ihtiyaçları oldukça fazladır. Arıtmanın yapılacağı yerde her zaman yeterli alana sahip arazi bulmak mümkün olmayabilir. Böyle durumlarda daha çok mekanik aksam gerektiren kompleks tesisler tercih edilir. Bu tür tesislerde ise daha az arazi, daha çok enerji ihtiyacı söz konusudur. Ayrıca işletilmeleri de daha zordur. Dolayısıyla, mümkün olduğu kadar doğal yöntemler tercih edilmelidir (9).

Atıksuyun Ön Arıtımı

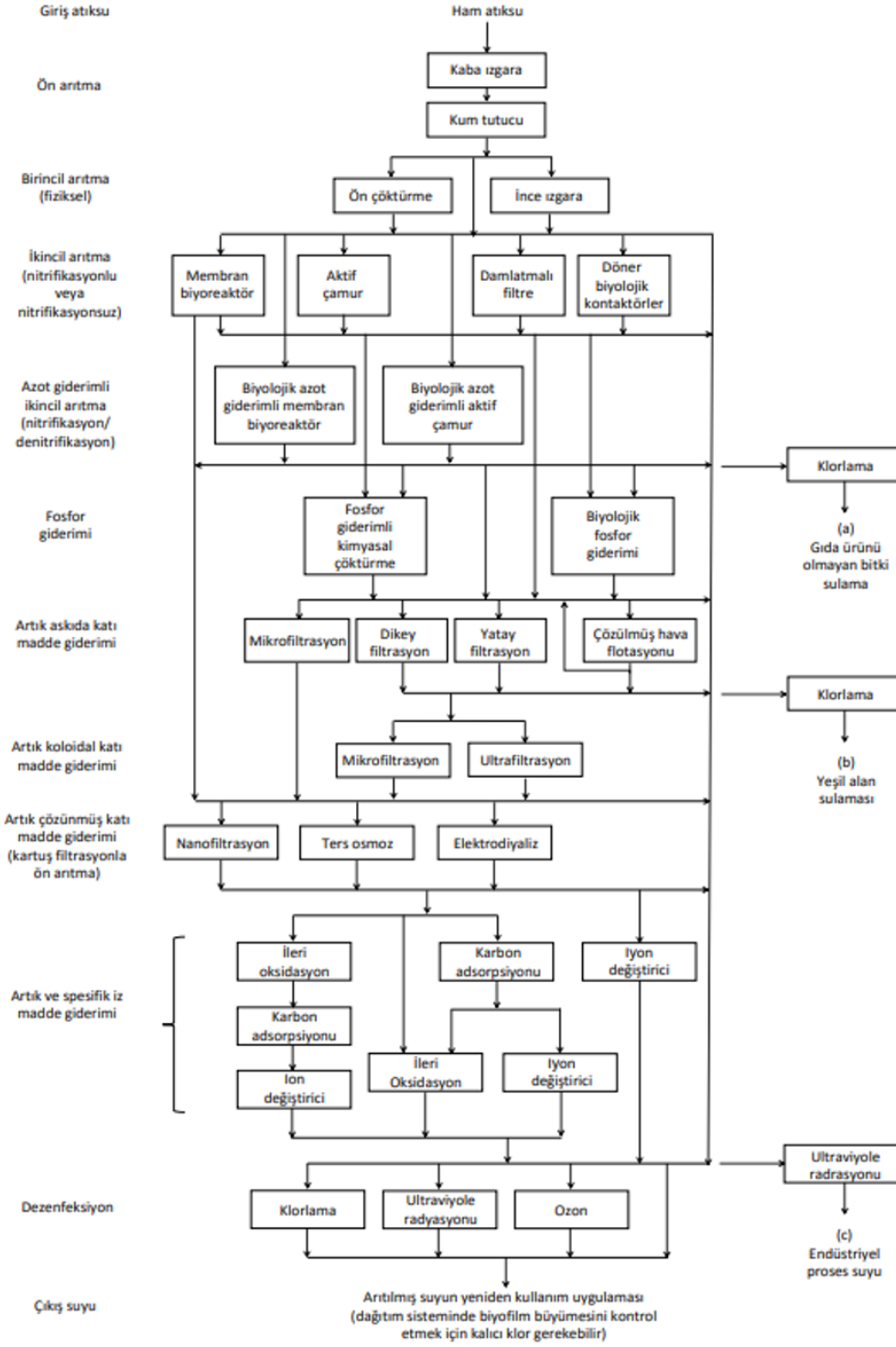
Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) tarafından, epidemiyolojik olaylar dikkate alarak, sulamada kullanılacak atıksularda bağırsak kurtları ve koliformlar için standartlar geliştirilmiştir. Hindistan'da atıksuyun yüzey sularına deşarj standartları, sulama standartlarından daha sıkıdır. Bu nedenle, atıksuyun mümkün olduğunca sulama yoluyla bertarafı tercih edilir. Sulama standartları için istenen BOİ değeri (100 mg/L'ye kadar izin verilmektedir). Sulama öncesi ön arıtma ünitesi, havalandırılmalı lagün veya stabilizasyon havuzu sistemleri kullanılarak (ayrı ayrı ve bunların kombinasyonlarıyla) sağlanabilir. Bugün Hindistan'da bağırsak kurtları ve koliformlar için belli standartlar yoktur. **Endüstriyel atıksulardaki toksik maddeler, öncelikli kirleticiler, ağır metaller, deterjanlar, vb. maddeler kaynakta önlenmelidir. Çünkü bu maddelerin arıtılması hem zor, hem de pahalıdır.**

Özellikle bağırsak kurtlarının giderimi için arıtma teknolojisi seçimi önem arz etmektedir. Konvansiyonel arıtma ve klorlama ile helmintler giderilmemektedir. Sadece kum filtreleri ve 5-7 günlük bekletme sürelerine sahip oksidasyon havuzları (seri halde), helmintlere karşı etkili olmaktadır. Atıksuyun sulamada kullanılabilmesi için bazı ülkelerde istenen şartlar, Tablo 2'de verilmektedir(1).

Tablo 2. Suyun tarımsal sulamada kullanımını kontrol için bazı ülkelerdeki gereksinimler (9)

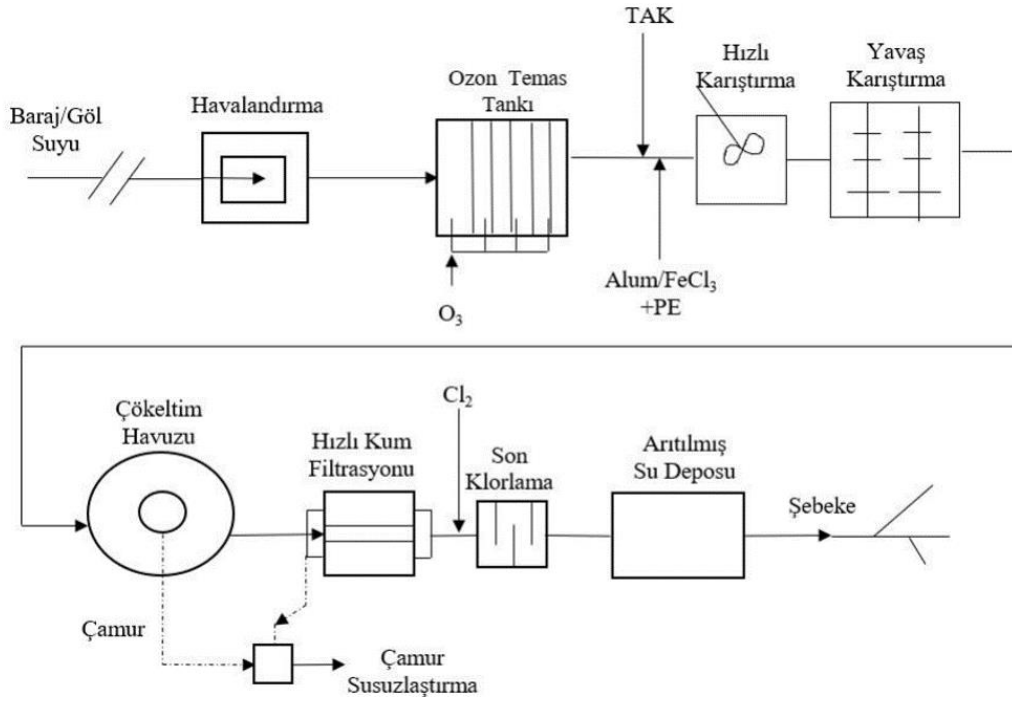
Bitki	ABD, Kaliforniya	İsrail	Güney Afrika	Federal Almanya
Meyve bahçesi ve üzüm bağı	Birinci derece arıtma. Yere düşen meyveler kullanılmamalı.	İkinci derece arıtma	Birinci derece arıtma. Yüksek derecede klorlama. Serpmeli sulama olmayacak	Çevrede serpmeli sulama yapılamaz.
Lifli hayvan yemi ve tohumlu bitkiler	Birinci derece arıtma. Yüzey veya püskürtmeli sulama.	İkinci derece arıtma. Fakat yenilen bitkilerin sulanmasına izin verilmemektedir.	İleri arıtma	İzgaralar ve çöktürmeli ön arıtma. Püskürtmeli sulamada biyolojik arıtma ve klorlama gerekmektedir.
İnsanlar tarafından tüketilen bitkiler. (Patojenleri öldürebilmek için işleme tabi tutulmuş)	Yüzey sulaması için birinci derece arıtma. Serpmeli sulama için ikinci derece arıtma ve dezenfeksiyon (<23 koliform / 100ml)	Yenilen sebzeler dezenfeksiyon yapılmamış, geri kazanılmış atıksularla sulanmamalıdır. (numunelerin %80'inde <1000 koliform / 100ml)	İleri arıtma	Ürün hasatından sadece 4 hafta öncesine kadar sulama. Patates ve tahıllar, çiçek açana kadar sulanabilir.
İnsanlar tarafından çiğ tüketilen bitkiler	Yüzey sulamasında koliform sayısı 2,2 adet / 100ml'den az olmalı. Serpmeli sulamada filtrelenmiş ve dezenfekte edilmiş olmalı. Bulanıklık 10 birimin altında olmalı; gerekirse koagülasyon yapılmalı	Üretilen meyveler tüketilmeden önce soyulmuyorsa, geri kazanılmış atıksu ile sulanmamalıdır.		Patates ve tahıllar, çiçek açana kadar sulanabilir.





Şekil 3. Çeşitli amaçlarla geri kazanımı planlanan arıtılmış atıksular için arıtma prosesleri akım şeması (a) gıda ürünü olmayan bitki sulaması, (b) yeşil alan sulaması, ve (c) endüstriyel proses suyu (29).

Çeşitli amaçlarla geri kazanımı planlanan arıtılmış atıksular için arıtma prosesleri akım şeması Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 4. Tipik yüzeysel su arıtma sistemi (tesisi) akım şeması(1)



Şekil 5. Antalya Gazipaşa Belediyesi'nin Temmuz 2012'de işletmeye açılan membran biyoreaktör AAT'nin bir görünüşü (1).

Tipik bir yüzeysel arıtma tesisi akım şeması ve görünüşü Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir.

3.3. ARITILMIŞ SULARIN KULLANIM RİSKLERİ

Tablo 3. Atıksularda patojenler ve kimyasallar ile ilişkili risk kaynakları (7)

	<i>Patojenler</i>	<i>Kimyasallar</i>
<i>Risk Kaynakları</i>	<i>Bakteriler Virüsler Helmintler (bağırsak solucanları) Protozoa (tek hücreliler)</i>	<i>Ağır metaller Nitratlar ve Nitritler Organik mikro kirleticiler</i>
<i>Riskin Oluşma Nedeni</i>	<i>Bir defalık veya tekrarlanan "tüketim" veya temas</i>	<i>Tekrarlanan tüketim</i>
<i>Riskin Oluşma Yolları</i>	<i>Sebzelerin, midye ve kabuklu deniz hayvanlarının yenmesiyle vb. Suyun içilmesiyle Aerosoller nedeniyle Doğrudan veya dolaylı yollardan suyla temas edilmesiyle Vektörler aracılığıyla (su civarında yaşayan böcekler gibi)</i>	<i>Çeşitli yiyeceklerin yenmesiyle Suyun içilmesiyle</i>
<i>Risk Kaynaklarına Maruz Kalınmışsa etkilerin ortaya çıkışı</i>	<i>Genellikle çabuk görülür.</i>	<i>Genellikle uzun süre sonra görülür.</i>



Tablo 4. Su ve/veya arıtılmış atıksularla ilişkili olarak görülen hastalıklar (7)

Sınıflar	Tanımlar, gözlemler, örnekler
<i>Su yoluyla taşınan hastalıklar</i>	<i>Suyun sağlandığı sistemler aracılığı ile yayılabilen enfeksiyonlardır. Su patojenler için taşıyıcı görevi görür. Tifo, kolera, giardiyazis (ishal), dizanteri, hepatit.</i>
<i>Su ile yıkanarak giderilebilen hastalıklar</i>	<i>Kişisel temizlik için suyun yetersiz olmasından kaynaklanan hastalıklar. Vücudun dış yüzeylerini etkiler. Konjunktivit, trahom, cüzzam, tinea, askariyaz, yavs hastalığı, giardiyazis, kriptosporidiyozis.</i>
<i>Su kaynaklı hastalıklar</i>	<i>Enfeksiyonlar sucul omurgasız konukçu, genellikle bir hayvan vasıtasıyla taşınır. Enfeksiyona neden olan organizmanın yaşam döngüsünün önemli bir bölümü bu sucul hayvanların içinde gerçekleşir. Şistozomiyazis, gine kurdu, filariazis.</i>
<i>Su ile bağlantılı böcek vektörlerden kaynaklanan hastalıklar</i>	<i>Yerüstü su kaynakları yakınında bulunan veya yaşayan böcekler vasıtasıyla yayılan enfeksiyonlardır. Tripanozomiyazis, sarıhumma, deng hastalığı, onkoserkiyazis (nehir körlüğü), sıtma</i>
<i>Kötü sağlık koruma önlemleri nedeniyle oluşan enfeksiyonlar</i>	<i>Genellikle uygun sağlık koruma uygulamalarının olmayışı nedeniyle toplum içinde yayılırlar. Kancalı kurt, yuvarlak solucan, askariyazis.</i>

Tablo 5. Sulamada atıksuların kullanılmasından kaynaklanan salgın hastalıkların incelenmesi sonucu özetlenen sağlık riskleri (7 ve 8)

Etkilenen Grup	Sağlık Riskleri		
	Nematod Enfeksiyonu	Bakteriler/Virüsler	Protozoa
<i>Tüketiciler</i>	<i>Aritılmamış atıksular nedeniyle çocuklar ve yetişkinler için ciddi Ascaris enfeksiyonu riski yumurtaların hayatta kalmasına uygun koşullar olmadığı durumda, 1< nematod yumurta/L olacak şekilde arıtılan atıksular ile aşırı risk yoktur.</i>	<i>Aritılmamış atıksular nedeniyle Kolera, tifo ve basili dizanteri salgınları, Helikobacter phylori için pozitif sonuçlar bildirilmiştir. 10⁴/100ml değerini aşan arıtılmış sular kullanıldığında ishal vakaları tespit edilmiştir.</i>	<i>Atıksularla yüzeyleri ıslanarak sulanan sebzelerde parazit protozoa kanıtları bulunmuştur; ancak hastalık yayılmasına ilişkin doğrudan kanıt yoktur.</i>
<i>Çiftçiler ve aileleri</i>	<i>Aritılmamış atıksular nedeniyle çocuklar ve yetişkinler için özellikle çocukları için 1< nematod yumurta/L'ye kadar arıtılan atıksular ciddi Ascaris enfeksiyonu riski oluşturur; çalışanlarda kanca kurdu enfeksiyonu riski artar.</i>	<i>Fekal koliform 10⁴/100ml değerini aşan atıksularla temas eden çocuklarda ishal riski artar; arıtılmamış atıksulara temas eden çocuklarda Salmonella enfeksiyonu riski yükselir; kısmen arıtılmış atıksulara maruz kalan yetişkinlerin kan değerlerinde. Norovirüs etkileri artar.</i>	<i>Aritılmış ve arıtılmamış atıksulara bağlı Giardiyazis riski önemsizdir. Arıtılmamış atıksularla temas nedeniyle amipli dizanteri riski artış göstermektedir.</i>
<i>Yakın çevrede yaşayan halk</i>	<i>Yağmurlama sulama için Ascaris taşınımı çalışılmamış ancak yoğun temas olması halinde karık veya salma sulama için yukarıda verilen gibi, yüksektir.</i>	<i>Enfeksiyon görülme sıklığının artması toplam koliform 10⁶⁻⁸/100ml olan kötü kaliteli sularla yağmurlama sulama yapılması ve aerosol etkisi ile bağlantılıdır. Fekal koliform 10⁴⁻⁵/100ml olan kısmen arıtılmış suların yağmurlama sulama ile kullanılması ise enfeksiyon artışı ile ilişkili değildir.</i>	<i>Atıksularla yapılan yağmurlama sulama süresince protozoa iletimine-taşınmasına dair veri bulunmamaktadır.</i>

Atıksuların yeniden kullanılması ile ilişkilendirilen birçok risk etmeni bulunmaktadır. Bazı risk etmenleri kısa sürede etkili olurlar ve ortaya çıkan etkinin şiddeti insanların, hayvanların çevresel etkenlere temas potansiyeline bağlı olarak değişir (patojenler gibi). Diğer risk

etmenleri ise daha uzun sürelerde ve arıtılmış suyun sürekli kullanılmasıyla artan (toprak tuzluluğu, toksik kimyasalların etkileri gibi) etkilere sahiptir (7). Atık suların içerdiği ve sağlık riski oluşturan patojenler ve kimyasallar ile bulaşma yolları Tablo 3'te verilmiştir. Tablo 4'te ise su ve/veya arıtılmış atıksularla ilişkili olarak görülen hastalıklar sıralanmıştır. Tablo 5'te özellikle atıksuların tarımsal sulamada kullanılmasından kaynaklanan salgın hastalıkların incelenmesi sonucunda görülebilecek sağlık riskleri özetlenmektedir. Bu bilgilerden de anlaşılacağı üzere, birçok yeniden faydalı kullanım alanı olan arıtılmış atıksuların özellikle tarımsal sulamadaki uygulamalarda halk sağlığına özen gösterilmesi ve dikkatle uygulanması gerekmektedir(1).

4.ÇEŞİTLİ ÜLKELERDEN ARITILMIŞ ATIKSUYUN KULLANIMI ÖRNEKLERİ

Küresel ölçekte geri kazanılan atıksuların kapasitesi 2005 yılında 19,4 milyon m³ , 2010 yılında 33,7 milyon m³ olduğu tahmin edilmiş, ayrıca bu değerın önümüzdeki 10 yılda %181 artacağı beklenmektedir. Bu konuda dikkat çeken büyük pazarların Çin, ABD, Ortadoğu ve Kuzey Afrika ülkeleri, Batı Avrupa ülkeleri ve Güney Asya ülkeleri olacağı şimdiden bellidir. Arıtılmış atıksu gerikazanımı ABD' de gün geçtikçe rağbet gören bir uygulama olup, 40 yıldır teknolojinin de gelişmesine paralel olarak kullanım hızı artmaktadır. Günlük 6,4 milyar m³ su yeniden kullanılmaktadır ve toplam su hacmi üzerinden arıtılan su kullanımının yıllık %15 arttığı tahmin edilmektedir. 2002 yılında Florida'da günlük 2,2 milyon m³ , Kaliforniya' da ise 2 milyon m³ arıtılmış su kullanılmıştır (12).

Avrupa'da 200'den fazla kullanılmış su geri kazanım projesi mevcuttur ve bu geri kazanım uygulamaları 4 kategoride ele alınmaktadır. Bunlar tarımsal, endüstriyel, kentsel, rekreasyon alanları, akiferlere geri besleme ve bunların kombinasyonları şeklindedir. Arıtılmış atıksuların kullanım alanları Güney ve Kuzey Avrupa'da farklıdır. Güney Avrupa'da projelerin %44'ü tarımsal sulamada, %37'si ise kentsel ve çevresel uygulamalarda kullanılırken, Kuzey Avrupa'da %51 kentsel ve çevresel uygulamalarda, %33'ü ise endüstrilerde kullanılmaktadır(10). Ayrıca Avrupa'da kıyı akiferlerinin tuzlanmasını önlemek için, arıtılmış atıksuların yeraltı sularına deşarjı artan bir ilgi görmektedir. Bu konuyla ilgili Barcelona ve Londra'nın kuzeyinde iki büyük proje gerçekleştirilmiştir. Atıksuların yeniden kullanımıyla ilgili yapılan proje çalışmaları ülkelerin sektörel su kullanımlarını da yansıtmaktadır

Avrupa'da kentsel atıksuların yeniden kullanımı ve atıksuların geri kazanımı önemli bir konu olup, Avrupa Birliği komisyonu tarafından bu konuyla ilgili araştırma projeleri desteklenmektedir. AB'nin yeni üyelerinden Kıbrıs'ta 6 Mm³ /yıl su, 20 AAT tarafından üçüncül arıtma ile arıtılarak sulama amaçlı kullanılmıştır. 12 adet ikincil arıtma ile arıtılan atıksular ise sulama dışındaki diğer amaçlar için kullanılmıştır. Ayrıca güney sahilindeki Limassol ve kuzey sahilindeki Larnaca ve Ayia Naa-Paralimni turistik bölgelerinde atıksuların arıtımı ve yeniden kullanımına yönelik çalışmaları da mevcuttur. 2012 yılına kadar köylerde ve şehirlerdeki merkezi toplama sistemleri ve arıtma tesisleri tamamlanarak arıtılmış atıksu hacminin 30 Mm³ 'e çıkması planlanmıştır (10).

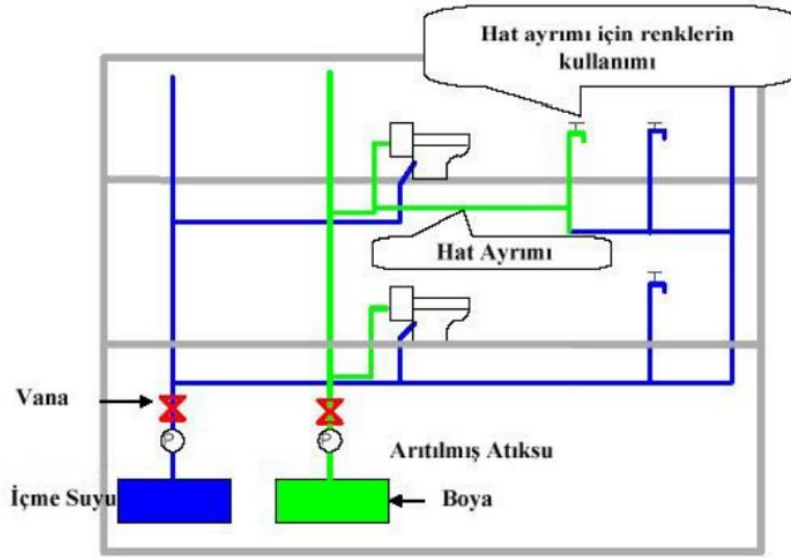
Ortadoğu ve Arap ülkelerine göz atıldığında, özellikle kanalizasyon deşarjlarının tarımda kullanılması çok eskilere dayanmaktadır. Arıtılmış atıksuların yeniden kullanımına olan ilgi de son yıllarda artmaktadır. Teknolojik olarak arıtılmış atıksuların kullanımı ise ilk olarak

1950'lerde Kuveyt'de başlamıştır. Daha sonra 60-70'li yıllarda diğer ülkelere de yayılmıştır. Bunda bölgedeki üye ülkeleri destekleyen FAO önemli bir rol oynamıştır. Bölgedeki gelişmekte olan ülkelere arıtım Avrupa'daki gibi ileri düzeyde bir arıtma ile olmayıp, maliyeti düşük stabilizasyon havuzları gibi yöntemler tercih edilmektedir (10).

Dünyadaki 130,000 m³ /gün akış kapasiteli en büyük stabilizasyon havuz sistemi Ürdün'ün Amman şehrinde bulunmaktadır. Bunun dışında 80,000 m³ /gün akış kapasiteli Mısır'daki İsmailia stabilizasyon havuz sistemiyle arıtılmış atıksular da sulama amaçlı kullanılmaktadır. Bölgenin arıtılmış atıksu hacmi yaklaşık 2,6–6 milyar m³ /yıl olup yarısından çoğu tarımsal amaçlı kullanılmaktadır. Arap ülkelerinde toplam arıtılmış atıksuların yeniden kullanım miktarı yılda 1200 Mm³ olarak belirlenmiştir. Suriye, Suudi Arabistan ve Mısır arıtılmış atıksularını en çok kullanan ülkeler olup, bölgedeki tüm atıksu yeniden kullanımın gelişigüzel yapılması ve arıtılmamış atıksuların sulamada kullanılması sonucu önemli sağlık riskleri de görülmektedir (10)



Şekil 6. Japonya'da çoklu dağıtım hatlarının ayırt edilmesi için renklerin kullanımı; burada mavi hat içme suyu sarı hat ise arıtılmış atıksu hattıdır (11)



Şekil 7. Japonya’da çoklu dağıtım hatlarının ayırt edilmesi için renklerin kullanımı ve bağlantılar (11)

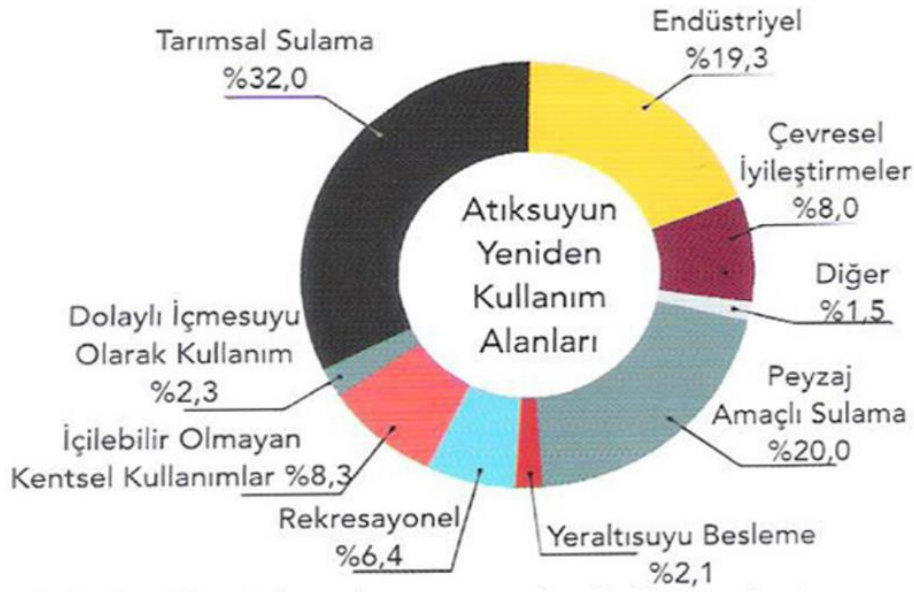
Arıtılmış atıksuların yaygın kullanıldığı bir ülke olan Japonya’da bu sular gerek evlerde ve endüstrilerde, gerekse sulamada kullanılmaktadır. Bu nedenle arıtılmış atıksuların dağıtım hatları ayrı renklerle ayırt edilebilir bir uygulamaya gidilmiştir. Şekil 6’da bu uygulamanın tipik bir görünüşü verilmektedir. Bir diğer şekilde ise hem temiz su hem de geri kazanılmış su hatlarının enine bağlandığı bir mekan içi dağıtım şeması gösterilmektedir. Bu şekilde bakıldığında her iki hattın üzerindeki vanalara kumanda edilerek tuvaletlerde istendiğinde temiz su istendiğinde ise geri kazanılmış su kullanılabilir ve renk ayrımları ile hangi suyun kullanıldığı bilinecektir (Şekil 7).

Tablo 6. Bazı ülkelerde atıksuların yeniden kullanımına ilişkin mevcut durum ve yasal düzenlemeler (32)

Ülkeler	Kullanılan Atıksuyun Durumu	Kullanım Alanları				Yasal Düzenleme
		Tarımsal	Kentsel	Endüstriyel	Diğer*	
ABD	Arıtılmış	+	+	+	+	Var
Arjantin	Arıtılmış- Arıtılmamış	+			+	Var
Brezilya	Arıtılmış- Arıtılmamış	+				Var
Çin	Arıtılmış- Arıtılmamış	+		+		Var
Fransa	Arıtılmış	+			+	Var
İngiltere	Arıtılmış	+	+	+	+	Var
İsrail	Arıtılmış	+	+		+	Var
Japonya	Arıtılmış	+	+	+	+	Var
Mısır	Arıtılmış	+	+		+	-
Tunus	Arıtılmış	+	+			Var
Ürdün	Arıtılmış	+			+	Var

* Diğer kullanımlar arasında orman ürünleri yetiştiriciliği, mera sulaması, arıtılarak içme suyuna ekleme, okullarda sifon suyu olarak kullanım, kar eritme, temizleme suyu olarak kullanım, yollar ve otoyollarda bitkilerin sulanması, araba yıkama gibi işlemler bulunmaktadır.

Bazı ülkelerde atıksuların yeniden kullanımına ilişkin mevcut durum ve yasal düzenlemeler Tablo 6’da verilmiştir.



Şekil 8. Dünya’da atıksuyun yeniden kullanım alanları (US EPA, 2012 (33))

Sonuç olarak ;2011 yılında; Dünya’da 7 milyar m³ /yıl arıtılmış atıksu yeniden kullanılmış ve bu değer toplam su kullanımına oranı %0.59 olmuştur (33). Nas ve Yılmaz tarafından yapılan çalışmada(33) “2030 yılında; Dünya’da 26 milyar m³ /yıl arıtılmış atıksuyun yeniden kullanılacağı öngörülmektedir. Bu durumda arıtılmış atıksuyun toplam su kullanımına oranının %1.66 olacağı tahmin edilmektedir.

Dünya’da geri kazanılmış atıksular %32 oranında tarımsal sulama amaçlı olarak kullanılmaktadır. Tarımsal sulama amaçlı su kullanımını; peyzaj amaçlı sulama %20 ve endüstriyel kullanım %19 ile takip etmektedir (33). (Şekil 8)

5.TÜRKİYE’DEKİ ATIKSU ARITMA TESİSLERİ’NİN (AAT) DURUMU

Türkiye’de debisi 2.000 m³ /gün’ün üzerinde olan 603 evsel atıksu arıtma tesisi bulunmakta olup bu tesislerin toplam debisi 16.7 milyon m³ /gün’dür. 603 AAT’nin 221’inden çıkan arıtılmış kullanılmış sular fiili olarak tarımsal sulamada kullanılmaktadır. Çıkış suları fiilen sulamada kullanılan atıksu arıtma tesislerinin toplam debisi 6.7 milyon m³ /gün’dür. Bahsedilen 221 AAT’den çıkan sularla sulanan alanlarda oldukça geniş ve çeşitli bir ürün deseni bulunmaktadır. Buğday, arpa, ayçiçeği, şeker pancarı, kavun, sebze, meyve, bağ, narenciye, pamuk, zeytin, susam, mısır vb. pek çok ürün fiilen kullanılmış sularla sulanmakta olup, 221 AAT’den 92’sinin çıkış suları ile sulanmakta olan sulama tesislerinde çiğ tüketilen sebzelerin de olduğu bilinmektedir. Türkiye’deki 603 AAT’den 50’sinin çıkış suları baraja deşarj olmaktadır. Söz konusu tesislerin toplam debisi 1.4 milyon m³ /gün’dür. Söz konusu barajların büyük çoğunluğunu sulama barajları oluşturmaktadır (10).

Türkiye’deki 603 AAT’den sadece 53’ünde dezenfeksiyon ünitesi bulunmaktadır. Çıkış suları fiilen sulamada kullanılan 221 AAT’nin ise sadece 42’sinde dezenfeksiyon ünitesi bulunmaktadır. Ancak tesislerden alınan bilgiler ve sahada yapılan çalışmalar neticesinde söz konusu 42 dezenfeksiyon ünitesinden sadece 13’ünün çalıştırıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca tesis

çıkışlarından alınan numunelerin analiz edilmesi neticesinde dezenfeksiyon ünitesi çalıştırılan 4 tesisin çıkış sularının da mikrobiyolojik olarak sulama suyu kalite kriterlerini sağlamadığı tespit edilmiştir (18).

6.ARITILMIŞ ATIKSUYUN TÜRKİYE’DE SULAMADA KULLANIMI

Türkiye’de geri kazanılmış atıksuların sulama suyu olarak kullanılması 20 Mart 2010 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan 27527 Sayılı Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği’ne göre değerlendirilmektedir. Bu tebliğe göre, ticari olarak işlenmeyen gıda ürünlerinde; yüzeysel ve yağmurlama sulama ile sulanan, ham olarak direkt yenilen gıda ürünleri ve her türlü yeşil alan sulamasında ikincil arıtma, filtrasyon, dezenfeksiyon üniteleri kullanılmaktadır. Ticari olarak işlenen gıda ürünlerinde; Meyve bahçeleri, üzüm bağları, çim üretimi ve kültür tarımı, otlak hayvanları için mera sulamasında ise ikincil arıtma, dezenfeksiyon üniteleri kullanılmaktadır. Sulama suyunun kimyasal kalitesinin değerlendirilmesinde tuzluluk, geçirgenlik ve özgül iyon toksisitesine bakılır. Tuzlulukta iletkenlik ve toplam çözünmüş maddeye bakılırken, geçirgenlikte sar testi yapılır. Özgül iyon toksisitesinde ise sodyum, klorür, bor miktarlarına dikkat edilir. Askıda katı madde, sulama sistemini tıkadığı için önemlidir. Klasik atıksu arıtma tesisinde AKM konsantrasyonu üçüncül arıtma uygulandığında düşmektedir. Atıksu geri kazanımında teknoloji seçimi yaparken, su kalitesi açısından kullanılabilecek en önemli indikatörler, koliform ve patojen mikroorganizma konsantrasyonudur(25).

Arıtılmış atıksuların sulamada kullanımı Türk Çevre Mevzuatında 1991 yılından beri yer almasına karşın uygulaması yaygın değildir. Arıtılmış atıksular daha çok orman, park ve bahçe alanlarının sulamasında kullanılmıştır. 2000’li yıllardaki az sayıdaki uygulamalara bakıldığında ise Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) İdaresinin çevreye yönelik yürüttüğü çalışmalar arasında “Küçük Yerleşimlerde Kentsel Atıksuların Yeniden Kullanımı” gibi çalışmalar örnek olarak verilebilir. Konya AAT çıkış suyunun sulama suyu olarak tarım bitkilerine uygulanması ile ilgili bazı pilot ölçekte uygulamalar da mevcuttur (20).

Bu konuda ülkemizde yapılan araştırma çalışmaları da mevcuttur Örneğin Üstün ve Solmaz (2007) tarafından yapılan bir çalışmada (19) , 48000 m³ /gün atıksuyun kimyasal arıtma ve uzun havalandırılmalı aktif çamur sistemi ile arıtıldığı bir Organize Sanayi Bölgesi AAT’den çıkan atıksuların tarımsal sulama suyu olarak incelenmiştir. Yapılan çalışmada bu suyun ilave kimyasal çöktürme ve iyon değiştirme yöntemleri ile 1. Sınıf tarımsal amaçlı sulama suyu kalitesine ulaştığı ve tekrar kullanılabilirliğinin mümkün olduğu tespit edilmiştir.

Çapar vd. (2004) çalışmasında(21), bir halı fabrikasına ait baskı ve asit boyama atıksularının arıtımı ve geri kazanımına yönelik yaptığı çalışmada, baskı boyama atıksuyunun kalitesi, British Textile Technology Group tarafından sentetik iplik boyama işlemi için belirlenmiş olan geri kazanım kriterleri ile karşılaştırılmış ve bunun sonucu baskı boyama atıksularından alum ile kimyasal çöktürme sonrası nanofiltrasyon (NF) ve ultrafiltrasyon (UF) prosesleri ile elde edilen süzüntü sularının boyama işleminde yeniden kullanılabilecek kalitede olduğu belirlenmiştir. Asit boyama atıksuları için ise mikrofiltrasyon (MF) ön işleminin ardından uygulamalı üç kademeli NF işlemi ile geri kazanım kriterlerinin sağlandığı görülmüştür. Atıksuların yeniden kullanımına yönelik Alaton vd. (2007)’nin yaptığı bir diğer çalışmada 1350 m³ /gün kapasiteli Silivri, 100,000 m³ /gün kapasiteli Paşaköy, 110,000 m³ /gün kapasiteli Kayseri ve 227,000 m³ /gün kapasiteli Adana AAT’leri incelenmiştir. Bu dört tesisin deşarjları mevcut sulama suyu kalite kriterlerine göre incelenmiş ve dördünde özellikle önemli bir su

kalite parametresi olan fekal koliform açısından tarımsal amaçlı sulama suyu olarak kullanımına elverişli olmadığı görülmüştür. **Bunun nedeninin de bazı tesislerde dezenfeksiyon ünitesinin olmaması, olanlarda ise gerek yüksek enerji maliyeti gerekse de dezenfeksiyon kimyasal ihtiyaçları nedeniyle yeterince verimli olamamasından kaynaklandığı belirtilmiştir.** Dolayısıyla mevcut bu tesislerin bazı ilave iyileştirmelerle atıksularının yeniden kullanımına uygun hale getirilmesinin mümkün olacağı görülmektedir.(1).

Artılmış atıksuların sulamada kullanımı konusunda Gaziantep ilinde çiftçilerle yapılmış bir anket çalışmasının sonuçları yayınlanmıştır (30). Araştırma sonucunda, araştırma alanındaki iki köyde yer alan 256 adet tarım işletmesinin sahibi olan çok sayıdaki çiftçi ailesinin geçimlerini atıksu ile sulama yaparak yetiştirilen ürünlerden elde edilen gelirden sağladıkları belirlenmiştir. Bu çalışmada bu suyu kullananların büyük çoğunluğunun tarımdan başka bir gelir kaynağı olmadığı, atıksuyun zararlarını bildikleri halde, mecburiyetten ve kesintisiz bir su kaynağı olduğundan dolayı tarımsal sulamada atıksu kullandıkları tespit edilmiştir. Ancak, sulayıcıların büyük kısmının atıksu kullanımı sırasında koruyucu önlemler almadıkları, suya doğrudan temas ettikleri, atıksu ile yetiştirilen ve pişirilmeden yenen sebzeleri özel bir yıkama işleminden geçirmediikleri, küçük çocukların da sulama sırasında arazide oldukları ve atıksu kullanımı konusunda yeterli bilince sahip olmadıkları görülmüştür. Ayrıca, çiftçilerin, Gaziantep Su ve Kanalizasyon İdaresi (GASKİ) AAT'sinden çıkan suyun yeterince arıtılmadığına inandıkları, büyük çoğunluğunun su kalitesinden memnun olmadıkları belirlenmiştir.(1).

Atıksuların arıtıldıktan sonra özellikle ülkemizde en uygun yeniden kullanım alanları, sulama suyu ve endüstriyel soğutma/proses suyu alanlarıdır. Halen işletilmekte olan AAT'lerde yapılacak bir takım yenileme ve iyileştirmelerle artılmış suların yararlanmak mümkün olabilecektir. Bu bağlamda Şekil 3'de arıtma türüne göre artılmış suyun hangi amaçla kullanılacağı gösterilmektedir. AATTUT (2010) Tablo E7.12'de (25) atıksu geri kazanım amacı ve uygulanabilecek arıtma sistemleri sunulmuştur. Atıksu geri kazanımında teknoloji seçimi yaparken, su kalitesi açısından kullanılacak en önemli indikatörler, koliform ve patojen mikroorganizma konsantrasyonudur (25). Birincil, ikincil ve üçüncül (ileri) arıtma sistemleri arasında yaygın kullanımları gün geçtikçe artan membran teknolojileri ve atıksu dezenfeksiyon sistemleri dikkat çekmektedir. Özellikle atıksuların alternatif su kaynağı olarak geri kazanımı düşünüldüğünde, bu teknolojilerden yararlandığı görülmektedir. Bu sistemler mevcut sistemlerin iyileştirilmesinin yanı sıra yeni sistemler geliştirilirken de kullanılmaktadır(1).

Artılmış atıksuların sulamada kullanılması durumunda suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler açısından sınır değerlere uygunluğu dikkate alınmalıdır. Bingül ve Altıkat tarafından yapılan bir çalışmada (çalışmada tarımsal amaçlı kullanım için artılmış atıksu AATTUT kapsamında değerlendirilmiş olup, pH, BOİ, KOİ, AKM, klor ve fekal koliform açısından tarımsal sulamaya uygun olduğu ancak bulanıklık, iletkenlik ve sodyum parametreleri açısından ise sulamada kullanımının mümkün olmadığı belirlenmiştir. Çıkış suyuna ters osmoz, iyon değişimi gibi iletkenliği ve sodyum konsantrasyonunu düşürücü ilave bir arıtım uygulandığı takdirde evsel nitelikli artılmış atıksu, sulama suyu olarak kullanılabilir ve böylelikle hem alıcı ortam hem de su kaynakları korunmuş olacaktır.

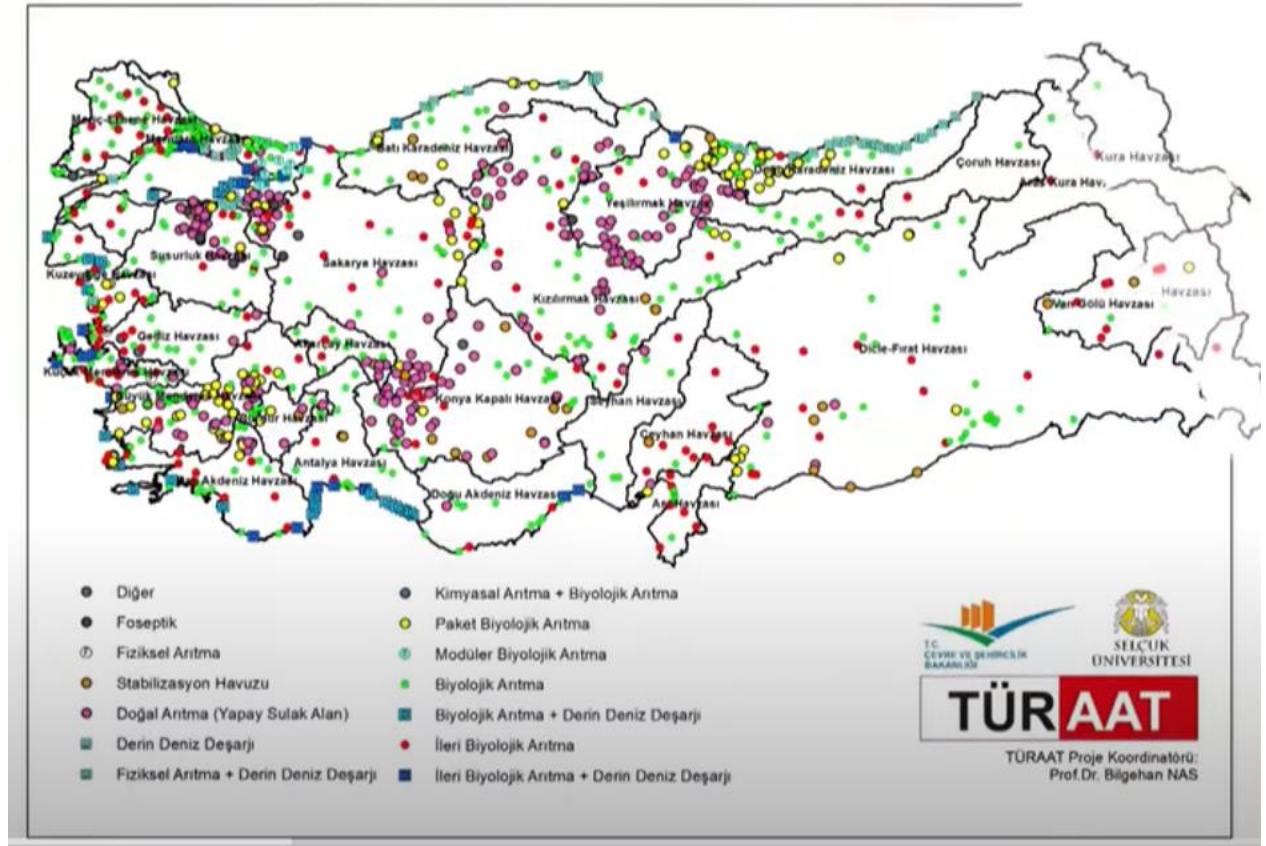
7.SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Su Kaynaklarının iklim değişikliği, kuraklık, nüfus artışı gibi baskılar altında olduğu bölgeler başta olmak üzere arıtılmış evsel ve endüstriyel atıksuyun dünyanın pek çok yerinde tarımda, su ürünleri yetiştirmede, endüstride, evsel ve rekreasyonel amaçlı olarak kullanıldığı bilinmektedir. Ancak toksik maddeler içeren atıksuların sulama ve su ürünlerinde kullanımı sonucunda, metal birikimleri olduğu, toprağın ve yeraltı suyu kalitesinin bozulduğu ve toprakta tuzluluk problemleri yarattığı da literatürde yer almaktadır (26).

Bu nedenle, arıtılmış atıksuların dezenfeksiyon ünitelerinden geçirilmesi ve temiz su ile karıştırılarak kullanılması önerilmektedir. Özellikle sulama ve su ürünleri yetiştiriciliği amaçlı direkt temas gerektiren kullanımlarda metaller, diğer toksik organik/inorganik kirleticiler açısından ve mikrobiyal kalitenin sağlık riski taşımayacak iyi düzeyde olması büyük önem taşımaktadır. Yine araştırmalarda, kirleticilerin birikim seviyelerinin ve ürün verimlerinin bitki türüne göre değişmekte olduğu, kirletici konsantrasyonları standartları sağlasa bile birikim yapabildiği ve yüksek nütrient konsantrasyonlarının su ihtiyacını arttırdığı görülmüştür.

Endüstriyel geri kullanımda, atıksuların arıtım yöntemleri ve gerekli olan su kalitesi endüstri tipine bağlı olarak değişmektedir.

Arıtılmış atıksuyun kullanımı konusunda AB’de standard belirleme çalışmaları büyük bir titizlikle yürütülmektedir. Arıtılmış atıksu kullanımının artırılması su yönetiminin önünde bir hedef olarak yer almalıdır. Ancak arıtılmış atık suyun özellikle tarımsal sulamada kullanımı konusundaki uygulamalar halk sağlığı açısından çok sıkı bir şekilde denetlenmelidir.



Diğer ülkelere kıyasla ülkemizde atıksuların yeniden kullanımı alanında yapılan uygulama sayısı azdır. Hızlı kentleşme ,nüfus artışı ve iklim değişikliği etkisinin artması sonucunda ülkemizde arıtılmış atıksuların yeniden kullanımını da artacaktır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı kentsel ve endüstriyel arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı için ulusal ve uluslararası uygulamaların ve standartların araştırılarak ülkemize özgü arıtılmış atıksuların her türlü yeniden kullanımı için gerekli olan yasal çerçeveyi oluşturmaya yönelik teknik ve idari kriterlerin önerilmesi amacıyla 2017 yılında Selçuk Üniversitesi ile protokol imzalanmıştır.

Proje kapsamında; Arıtılmış atık suların yeniden kullanımına ilişkin ulusal ve uluslararası mevzuat uygulamaları karşılaştırılmış, ülke genelindeki 1127 adet evsel/kentsel atıksu arıtma tesisi ziyaret edilerek, bu tesislerin türleri ile mevcut durumlarının, tesislerin sorunlarının ve bu sorunların çözümü için gerekli yatırım maliyetleri belirlenmiştir. “Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı” Projesi ile 2017 yılında ülkemizde 15 evsel/kentsel atıksu arıtma tesisinden geri kazanılarak yeniden kullanılan suyun oranı %0.78 olarak tespit edilmiştir. Kurulu olan geri kazanım tesislerinin oranı ise %1.2 olarak belirlenmiştir (34).

Halen Konya Selçuk Üniversitesi tarafından Konya KOSKİ arıtma tesislerinde arıtılan suyun tamamının sulamada kullanılabilmesi çalışması yapılmaktadır. Burada gerekli su kalite kriterleri, ve depolama yapılarak yeniden kullanımı halinde kriterler belirlenmeye çalışılmaktadır. Arıtılmış atık suların yeniden kullanımında fayda-maliyet analizi yapılmaktadır. Arıtılmış suyunun dezenfekte edilerek, şehir ve tesis sulama suyu olarak kullanılması amacıyla açık kanal tipi ultraviyole dezenfeksiyon sistemi kurulmuştur.

Ülkemizde, “Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği’nde” atık suların geri kazanımı ve yeniden kullanımına ilişkin düzenlemeler yer almaktadır. Evsel atıksuların bir su kaynağı, bir hammadde kaynağı ve bir enerji kaynağı olduğu yaklaşımı ile bazı planlamalar da yapılmıştır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı atıksu arıtma tesislerinde arıtılan atıksuların geri kazanılarak yeniden kullanımı yolunda 2023 yılı hedefini %5 olarak belirlemiştir.

8.KAYNAKÇA

(1) Tanık A, Öztürk İ, Cüceloğlu G (2016) ARITILMIŞ ATIKSULARIN YENİDEN KULLANIMI VE YAĞMUR SUYU HASADI SİSTEMLERİ (EL KİTABI) (2. Baskı) TÜRKİYE BELEDİYELER BİRLİĞİ ANKARA, Nisan 2016.

(2) Karakaya N., Gönenç E., (2005). Alternatif Su Kaynaklar, II. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, 21-24 Eylül 2005 Gümüşhacıköy/İzmir

(3) Demir Ö., Yıldız M.,Sercan Ü., Arzum C. (2017) Atıksuların Geri Kazanılması ve Yeniden Kullanılması Harran Üniversitesi Muh. Der. 02 (2017) p.1-14 HU J. of Eng. 02 (2017) p.1-14

[4] Fakıoğlu M., Güven H.,Öztürk İ. (2020) Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı: Bilimsel Gerçekler, Psikolojik Ve Dini Tereddütler Helal ve Etik Araşt. Derg. / J. Halal & Ethical Res. 2 (2): 1-20, 2020.

(5) Hacısalihioğlu, S. (2016). Havza Amenjmanı. Havza Amenjmanı Ana Bilim Dalı Ders Notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi. [Erişim Tarihi: 23 Mayıs 2020]. Erişim bağlantısı: http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/havzaamen_ajmani_a4447.pdf

- (6) Fakıoğlu, M., Karpuzcu, M. E., Öztürk, İ. (2018). İçme Sularında Alg Kaynaklı Tat ve Koku Sorunu: Sebepleri, Geri Havzada Kontrol Tedbirleri, İzleme ve Arıtma Yöntemlerinin Değerlendirilmesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 24 (6): 1141-1156.
- (7) Kukul, Y. S., Anaç, S. (2008). Tarımsal Sulamada Atıksuların Kullanımı, 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci, Türkiye Bölgesel Su Toplantıları, Bildiriler Kitabı, s. 81–87, Havza Kirliliđi Konferansı, 26–27 Haziran 2008, İzmir.
- (8) Şahin, İ., Maniođlu, G. (2011). Binalarda Yağmur Suyunun Kullanılması, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 125, Eylül/Ekim 2011, 21–32
- (9) Arceivala, J. S. (2002). Çevre Kirliliđi Kontrolünde Atıksu Arıtımı, McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi. 473 sayfa.
- (10) Özbay, İ ve Kavaklı, M. (2008). Türkiye’de ve Diğer Ülkelerde Arıtılmış Atıksuların Geri Kazanım Uygulamalarının İncelenmesi, Çevre Sorunları Sempozyumu Kocaeli 2008, 14–17 Mayıs 2008, Bildiriler Kitabı, 1052–1065
- (11) Tahajima A., M. Yoshizawa, K. Sakurai, and M. Minamiyama (2007) Establishment Of Guidelines For The Reuse Of Treated Wastewater. 4th Japan-U.S. Governmental Conference on Drinking Water Quality Management and Wastewater Control Jan. 22, 2007. Okinawa
- (12) USEPA (2004). Guidelines for Water Reuse, EPA/625/R–04/108, September, U.S. Agency for International Development, Washington, DC, 450.
- (13) KOVİD-19 (SARS-CoV-2) VİRÜSÜNÜN BULAŞMA RİSKİNİN KULLANILMIŞ SULARIN YENİDEN KULLANILMASI PERSPEKTİFİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ Raporu .Nisan 2020 Ankara Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
- (14) . Water Reuse: From Ancient to Modern Times and the Future. Angelakis, Andreas N., et al. 2018, Front. Environ. Sci.
- (15) WHO. Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture. Geneva : WHO, 1989.
- (16) Council, Environment Protection and Heritage. National Guidelines for Water Recycling: Managing Health and Environmental Risks. s.l. : Environment Protection and Heritage Council, 2006.
- (17) European Comission, Supply security for critical chemicals needed for water supply and sanitation during COVID-19-Crisis, 2020
- (18) Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Kullanılmış Suların Yeniden Kullanım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi Projesi, Ankara, 2019
- (19) Üstün, G.E., Solmaz, S.K.A. (2007). Bir Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesisinden Çıkan Atıksuların Tarımsal Amaçlı Sulama Suyu Olarak Yeniden Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Ekoloji Dergisi, 62, 55–72.
- (20) Alaton, İ., Tanık, A., Övez, S., İskender, G., Gürel, M., Orhon, D. (2007). Reuse Potential of Urban Wastewater Treatment Plant Effluents in Turkey: A Case Study on Selected Plants, Desalination, 215, 159–165.

- (21) Çapar, G., Yetiş, Ü., Yılmaz, L. (2004). Halı Boyama Atıksularının Membran Prosesleri ile Arıtımı, Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi, 14(2), 9–15.
- (22) Büyükkamacı, N. (2009). Su Yönetiminin Etkin Bileşeni: Yeniden Kullanım, İzmir Kent Sorunları Sempozyumu, 8–10 Ocak 2009, Bildiriler Kitabı, 363–377.
- (23) USEPA (2004). Guidelines for Water Reuse, EPA/625/R–04/108, September, U.S. Agency for International Development, Washington, DC, 450.
- (24) Crook, J., Ammerman, D., K., Okun, D.A., Matthews, R.L. (1992). Guideline for Water Reuse, Camp Dresser and McKee Inc., Cambridge, Massachusetts, USA.
- (25) AATTUT (2010). Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği, 20 Mart 2010, R.G. No: 27527.
- (26) Katip A. (2017) Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanım Alanlarının Değerlendirilmesi ÖHÜ Müh. Bilim. Derg. / OHU J. Eng. Sci., 2018, 7(2): 541-557
- (27) SCHOLZ, M., “Recycling of Domestic Wastewater Treated by Vertical –Flow Wetlands for Irrigation”, Wetlands for Water Pollution Control, 2016.
- (28) AZİZ F., FARİSSİ M. “Reuse of Treated Wastewater in Agriculture: Solving Water Deficit Problems in Arid Areas” Annals of West University of Timișoara ser. Biology,, 17,2, 95-110. 2014.
- (29) Asano, T. ve Cotruvo, J. A. (2004). Groundwater Recharge with Reclaimed Municipal Wastewater: Health and Regulatory Considerations, Water Research, 38(8), 1941–1951
- (30) Yıldırım, M. U., Gül, A. (2008). Arıtılmış Atıksu ile Sulama Yapılmasına Çiftçi Yaklaşımı: Gaziantep İli Örneği, Su Tüketim, Arıtma, Yeniden Kullanım Sempozyumu, 3–5 Eylül 2008, İznik-Bursa, Bildiriler Kitabı, 347–354.
- (31) Saraoğlu E. (2014) Arıtılmış Atıksuların Tarımsal Sulamada Yeniden Kullanımı .Uzmanlık Tezi. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı .Temmuz 2014
- (32) Bozdoğan E.(2009) Kentsel atıksuların yapay sulak alanlarda arıtılması ve açık yeşil alan sulamalarında kullanılabilir olanağının araştırılması Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Ana bilim Dalı Doktora Tezi Adana 232 s.
- (33) Nas, B ., Yılmaz, C., (2019), Arıtılmış Evsel/Kentsel Atıksuların Yeni Bir Su Kaynağı Olarak Kullanımında Faydalar ve Riskler, İklim Değişikliği ve Çevre, 4, (2) 42–46
- (34) Nas, B., 2018b, Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı Projesi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı & Selçuk Üniversitesi, Final Raporu, Ankara
- (35) Tanık, A., Şeker, D. Z., Öztürk, İ. (2009). Estimation and Distribution of Diffuse Nutrient Loads in Melen Watershed, Turkey. Third Ain Shams University International Conference of Environmental Engineering. April 14-16 2009.
- (36) Bingül Z., Altıkat A. (2017) Evsel Nitelikli Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sularının Tarımsal Sulamada Kullanılabilirliği Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. / Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech. 7(4): 69-75, 2017





Su Politikaları Derneği



SU POLİTİKALARI DERNEĞİ



Kavaklıdere Mah. Güfte Cad. No:8/9 06680 Çankaya /Ankara
Tel: 312 417 00 41 Faks: 312 417 60 67 www.supolitikalariderneği.org