



KENTSEL ARITILMIŞ ATIKSUYUN YENİDEN KULLANIMI



TARİH: AĞUSTOS 2019

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	3
2. ARITILMIŞ ATIKSULARIN YENİDEN KULLANIMI	6
3. ARITILMIŞ ATIKSULARIN YENİDEN KULLANIMI İLE İLGİLİ TEKNİKLER VE STANDARTLAR..	11
3.1. Evsel Atıksuların Çok Yüksek Kalitede Arıtmasıyla İlgili Teknikler ve Standartlar	12
3.2. Evsel Atıksuların Yüksek Kalitede Arıtmasıyla İlgili Teknikler ve Standartlar	15
3.3. Evsel Atıksuların İyi kalite Arıtmasıyla İlgili Teknikler ve Standartlar	18
3.4. Evsel Atıksuların Orta Kalite Arıtmasıyla İlgili Teknikler ve Standartlar	20
4. ARITMA METOTLARINA GÖRE İŞLETMENİN İZLENMESİ	23
5. ARITILMIŞ ATIKSULARIN KULLANILMASINDA EK ÖNLEMLER	25
6. ARITILMIŞ ATIKSULARIN ENDÜSTRİYEL AMAÇLI YENİDEN KULLANIM	26
7. YERALTI SUYU BESLEMESİ AMAÇLI YENİDEN KULLANIMI.....	30
8. ARITILMIŞ ATIKSU YENİDEN KULLANMA MALİYETİ	32
9. KAYNAKLAR	34

ŞEKİLLER

Şekil 1.1 Ülkelerdeki Su Stresi Endeksine Karşı Arıtılmış Atıksuyun Yeniden Kullanım Uygulamalarının Yaygınlığı	4
Şekil 2.1 Dünya Genelindeki Arıtılmış Atıksuyun Yeniden Kullanımı	6
Şekil 2.2 Arıtılmış Atıksuyun Global Ölçekte Yeniden Kullanımı	8
Şekil 2.3 İleri Kademe Arıtılmış Suyun Yeniden Kullanım Oranları.....	8
Şekil 2.4 İspanya’da Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanım Miktarı.....	9
Şekil 2.5 İsrail’de Arıtılmış Atıksuyun Yeniden Kullanımı	10
Şekil 3.1 Çok Yüksek Kalitede Atıksu Arıtma Akım Şeması.....	13
Şekil 3.2 Yüksek Kalitede Atıksu Arıtma Akım Şeması.....	16
Şekil 3.3 İyi Kalitede Atıksu Arıtma Akım Şeması	19
Şekil 3.4 Orta Kalite Atıksu Arıtma Akım Şeması.....	21

TABLolar

Tablo 1.1 Dünya’da ve Türkiye’de Suyun Sektörel Kullanımı.....	4
Tablo 2.1 Arıtılmış Atıksuyun Yeniden Kullanımı.....	9
Tablo 3.1 A Kategori, Arıtılmış Atıksuyun Kalitesi İle İlgili Sınır Değerleri	14
Tablo 3.2 B kategori, arıtılmış atıksuyun kalitesi ile ilgili sınır değerleri	17
Tablo 3.3 C Kategori, Arıtılmış Atıksuyun Kalitesi İle İlgili Sınır Değerleri	20
Tablo 3.4 D Kategori, Arıtılmış Atıksuyun Kalitesi İle İlgili Sınır Değerleri	22
Tablo 4.1 Çeşitli Arıtma Süreçleri İçin Operasyonel İzleme Örnekleri	24
Tablo 5.1 Spesifik Ek Önleyici Tedbirler Herhangi Bir Siteye Özgü Durum İçin Ab Ülkeleri Tarafından Uyulması Gereken Halk Sağlığın Korunmasına Yönelik Ölçümler.....	25
Tablo 6.1 Birinci Kademe İçin Bertaraf Senaryolarının Karşılaştırılması	26
Tablo 6.2 Farklı Endüstriler İçin Proses Suyu Kalite Standartları	28
Tablo 8.1 Bazı Ülkelerde Arıtılmış Atıksu Yeniden Kullanma Maliyeti	33

1. GİRİŞ

Yeryüzünde doğal su döngüsü, akarsulardan, göllerden ve yeraltından temin edilen su, tarım alanları, kentsel ve endüstriyel alanlarda kullandıktan ve oluşan atıksular arıtıldıktan sonra alıcı ortamlara deşarj edilmekte ve yeniden kullanım halinde gerçekleşmektedir.

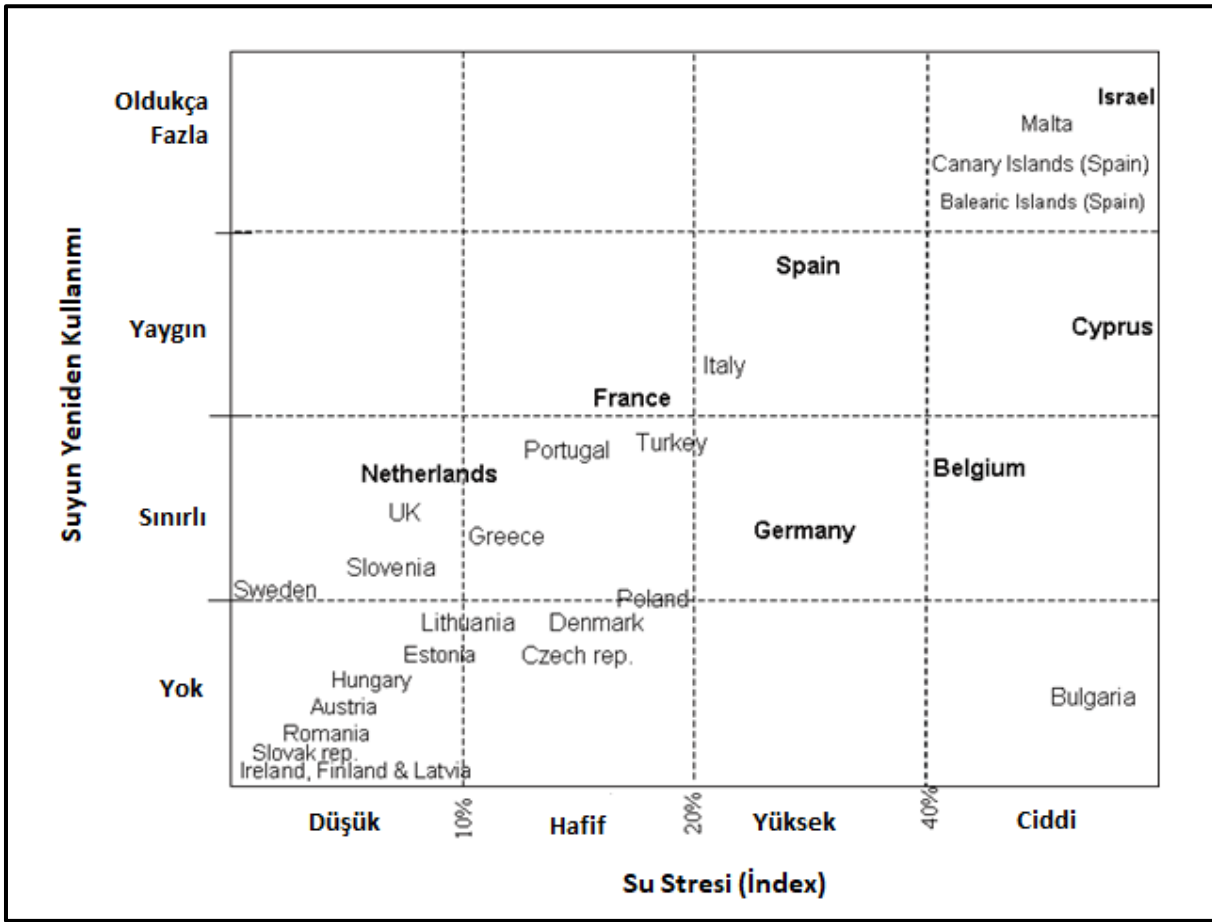
Su kaynağı stresi, azlığı veya kıtlığı yaşayan ülkeler, yüzeysel ve yeraltı temiz su kaynaklarına olan baskıların azaltılması, suların tekniğine uygun ve verimli kullanılması ve ileri kademe arıtılmış atıksuların saha yerleşim planına uygun olarak entegre edip, israf edilmeden, yeniden kullanılması çalışmaları yapmaktadırlar. Aksi durumda, önümüzdeki yıllarda küresel ısınmanın etkisiyle su stresinin veya kıtlığının etkisi daha şiddetli yaşanacak ve suya olan talep artacaktır. Ayrıca, arıtılmadan alıcı ortamlara (göl, gölet, dere, nehir, sulak alanlar, deniz vb.) deşarj edilen atıksular temiz su kaynaklarını kirletecek ve kaynakların kullanımını daralacaktır.

Su stresi veya kıtlığı durumu tayininde yıllık kişi başına düşen su miktarı açısından;

- ✓ 1.700 m³'den fazla ise su sorunu olmayan,
- ✓ 1.000-1.700 m³ arasında ise su sıkıntısı olan,
- ✓ 500-1.000 m³ arasında ise su kıtlığı veya stresi olan,
- ✓ 500 m³'den az ise mutlak su kıtlığı olan,

ülkeler veya bölgeler olarak tanımlanmaktadır.

Şekil 1.1 seçilen ülkelerin su stresi endeksine karşı suyun yeniden kullanımı uygulamalarının derecesini göstermektedir.



Şekil 1.1 Ülkelerdeki Su Stresi Endeksine Karşı Arıtılmış Atıksuyun Yeniden Kullanım Uygulamalarının Yaygınlığı

Türkiye’de 112 milyar m³ kullanılabilir su kaynağından yararlanma oranı yaklaşık %39’dır. Bunun da 32 milyar m³ tarımsal sulamada, 7 milyar m³ kentsel kullanımda ve 5 milyar m³ endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır.

Dünyada ve Türkiye’de suyun sektörel kullanımı Tablo 1.1’de verilmiştir.

Tablo 1.1 Dünya’da ve Türkiye’de Suyun Sektörel Kullanımı

Sektör Adı	Dünya (%) 2016 Yılı	Türkiye 2012 Yılı Başı (milyar m ³ /yıl)	Türkiye Oran (%)	Türkiye 2023 (milyar m ³ /yıl)	Türkiye Oran (%)
Sulama	69	32	73	72	64
İçmesuyu	12	7	16	18	16
Sanayi	19	5	11	22	20
Toplam	100	44	100	112	100

Su stresi ve kıtlığı zaten her kıtayı etkiliyor. Yeraltı suyu kalitesi düşüyor ve akarsular, nehirler, denizler, topraklar ve bitkiler atık sular tarafından kirletiliyor veya kullanılmamasından veya yanlış arıtılmasından etkileniyor.

Küresel ısınmanın etkisi ile temiz suya olan talep hızla artıyor. Suların en fazla kullanıldığı alanlar;

1. Tarımsal alanların sulaması,
2. Endüstriyel kullanım,
3. Kentsel kullanımı.

Aslında, suyu sürekli olarak yeniden kullanırız. Sonuçta, tüm sular büyük bir su döngüsünün bir parçasını oluşturur. Bu nedenle, arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı, bölgesel su sıkıntısını hafifletme aracı olarak daha küçük su döngülerinde atık suyun kasıtlı olarak kullanılması anlamına gelir. Almanya'da hali hazırda yaygın olarak uygulanan endüstriyel üretim işlemlerinde suyun yeniden sirkülasyonu ve tarımsal sulama için geri kazanılmış arıtılmış atık suyun kullanılması şeklinde olabilir.

Suyun az olduğu bölgelerde, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliğini bozmadan arıtılmış atık suyun çiftçilere, “yaşam çizgisi” yeni ve hayati kaynağı olabilir. Ayrıca çevre, sosyal ve ekonomik açıdan oldukça mantıklı ve sürdürülebilir olabilir. Arıtılmış atık sular için yeni bir standardın sulamada kilit aktörlerin faydalanmalarını maksimuma çıkarması ve tarımsal sulama sistemleriyle ilgili riskleri azaltmasına yardımcı olabilir.

Arıtılmış atıksuyun (tarımsal sulama, endüstriye kullanım, kentsel sulama ve kullanım, yeraltı suyunu besleme gibi) yeniden kullanımı uygulamaları, çalışma yapılan bölgede arıtılmış atıksuya olan ihtiyaç, arıtma ve işletme maliyeti, atık su geri kazanım işlemlerinin ve işletiminin güvenilirliğinin sağlanması ile, atık suların nasıl arıtılacağı yönetilmektedir.

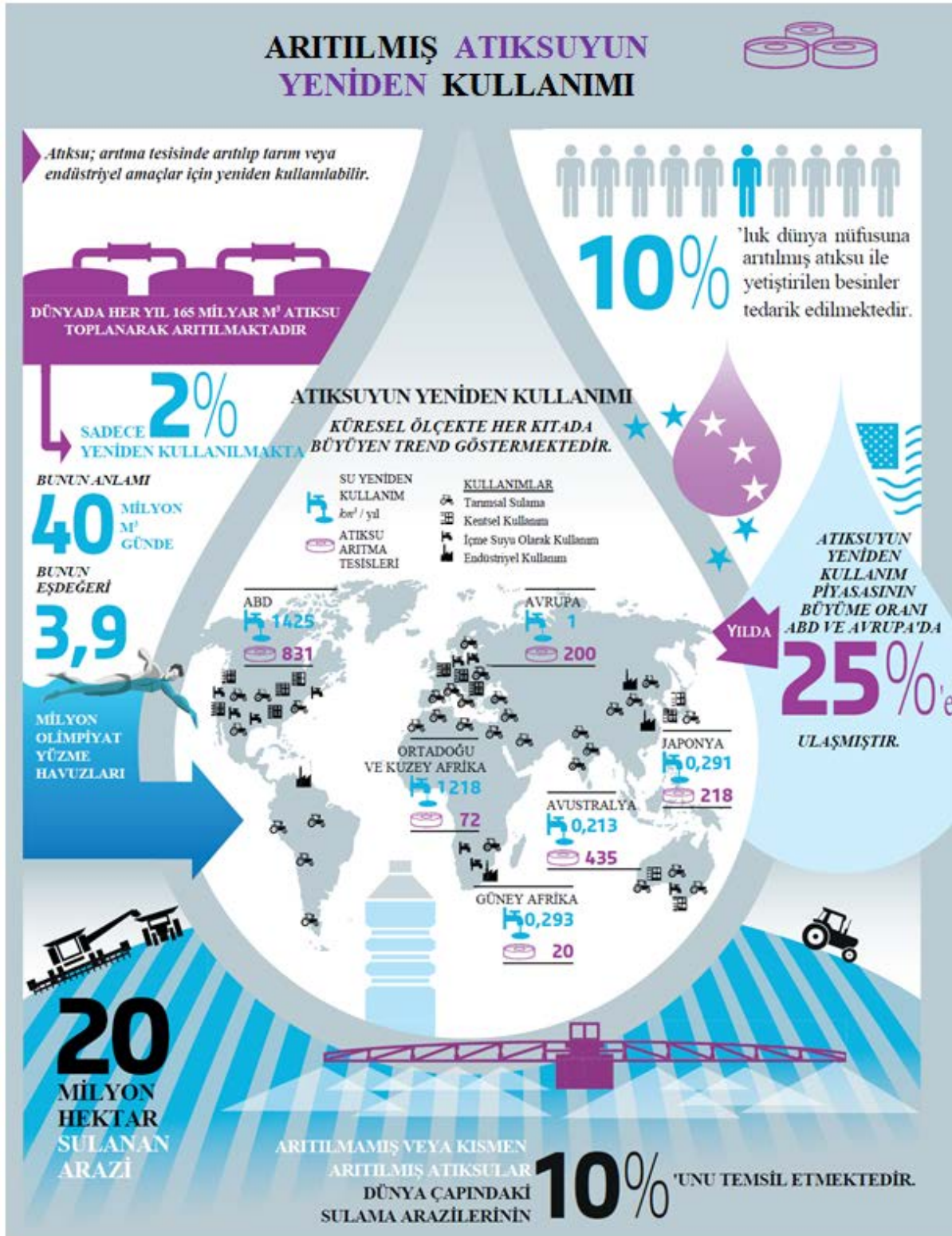
Arıtılmış atıksuyun yeniden kullanılması halinde çevreye, insana ve hayvana olan muhtemel riskler değerlendirmelidir.

Her insanın ve çiftçinin, temiz suya ulaşma hakkı vardır.

Bu çalışmada, suyun en yoğun olarak kullanıldığı tarımsal, endüstriye ve kentsel alanlarda önemli kaynaklardan biri olan atıksular, çevreye ve halk sağlığına zarar vermeyecek şekilde hangi kademeye kadar arıtılması ve arıtılmış atıksuyun sınır değerlerinin ne olması gerektiği ve yeniden kullanımın çevresel ve sosyo-ekonomik avantajları değerlendirilmiştir. Kısaca döngüsel su yönetim sistemi üzerinde durulmuştur.

2. ARITILMIŞ ATIKSULARIN YENİDEN KULLANIMI

Dünya genelindeki arıtılmış atıksuyun yeniden kullanımı Şekil 2.1'de özetlenmiştir.



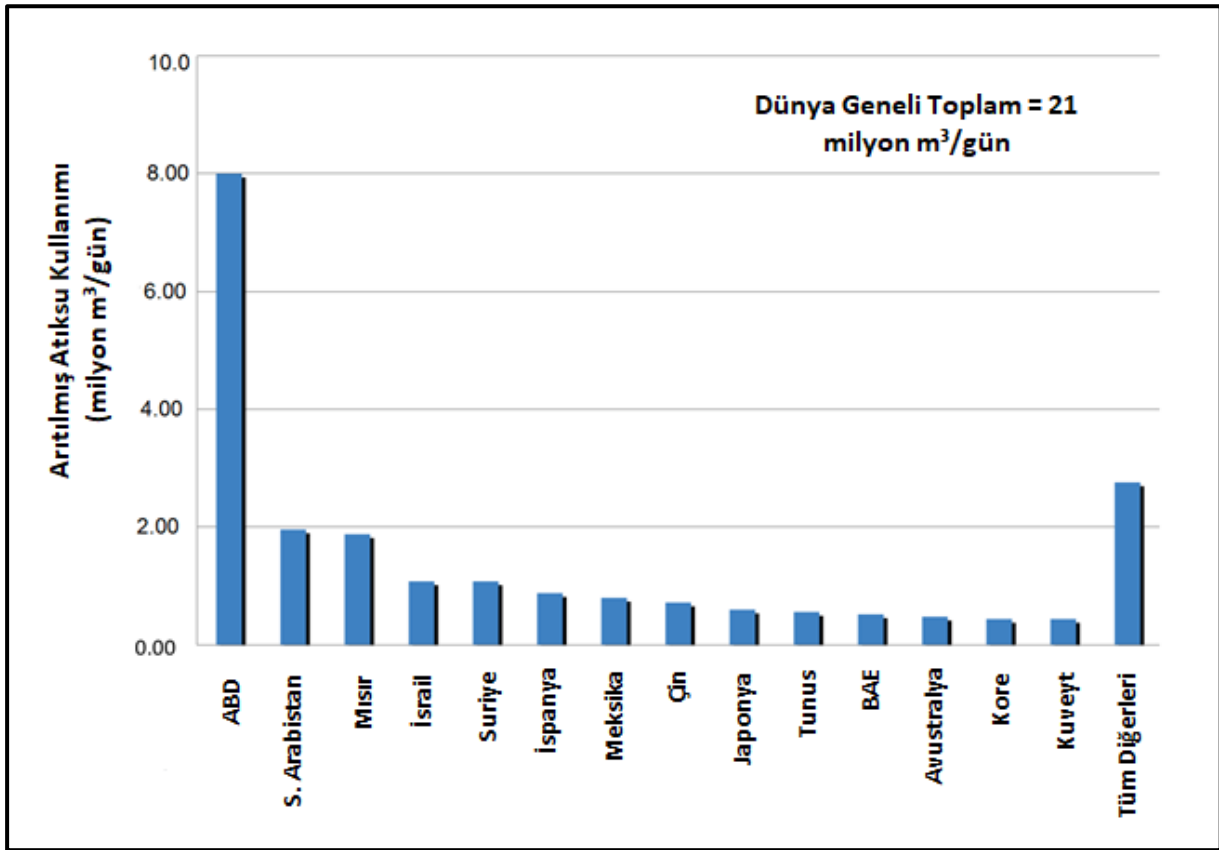
Şekil 2.1 Dünya Genelindeki Arıtılmış Atıksuyun Yeniden Kullanımı

Arıtılmış atıksuyun yeniden kullanım sistemi planlamasındaki teknik hususlar aşağıda verilmiştir:

- Arıtılmış atıksu için olası taleplerin belirlenmesi ve özellikleri,
- Yeniden kullanım potansiyelini tespit etmek üzere kazanılmış suyun mevcut kaynaklarının belirlenmesi ve özellikleri,
- Uygulama amacına uygun olarak emin ve güvenilir şekilde arıtılmış atıksuyun üretilmesi için arıtım gereksinimleri,
- Su temininde mevsimsel dalgalanmaların dengelenmesi için gerekli depo tesisleri,
- Nakil ve dağıtım şebekeleri, kullanılabilir depolama tesisleri ve alternatif uzaklaştırma tesisleri gibi arıtılmış atıksuyun yeniden kullanma sistemini işletmek üzere gerekli ilave tesisler,
- Su ıslahının yürütülmesindeki muhtemel çevresel etkiler

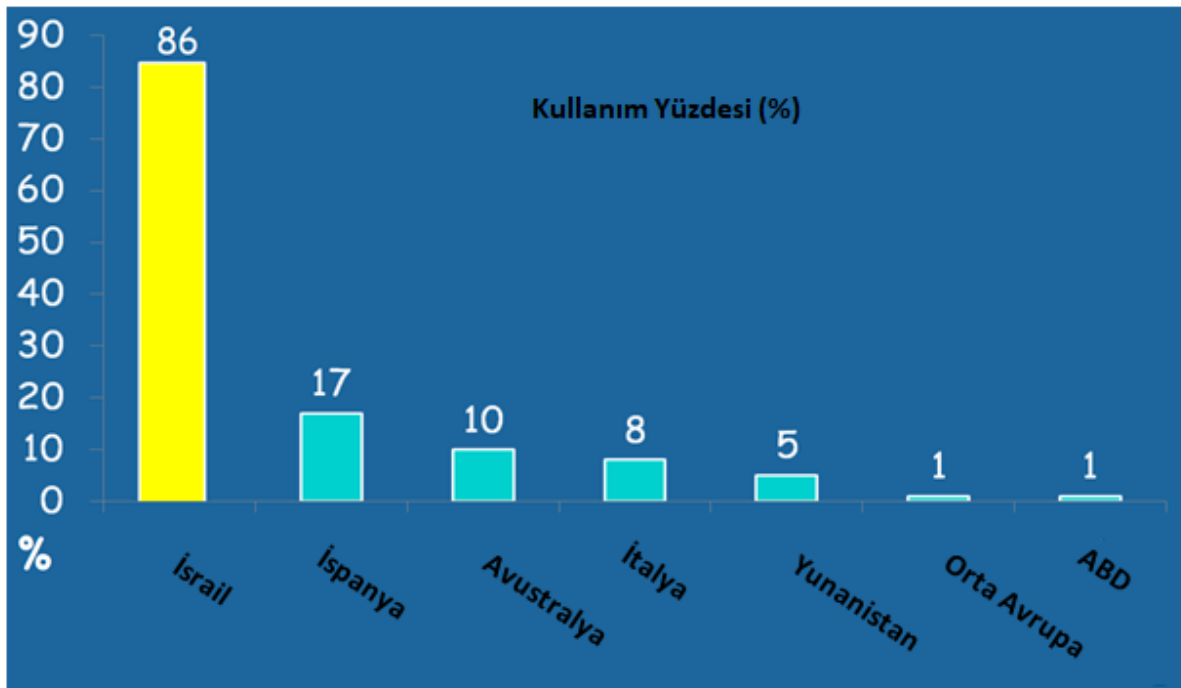
Suya olan talep esas alınarak arıtılmış atıksuyun yeniden kullanımının kısa, orta ve uzun vadede çevresel, ekonomik ve sosyal faydaları ve dezavantajları kapsamlı olarak değerlendirilmelidir. Olası sağlık ve çevre riskleri, güvence altına alınmalıdır. Planlanan arıtma teknolojileri, ilave yatırımın boyutu, arıtılmış atıksuyun kullanım alanına nasıl dağıtılacağı, altyapı yatırım ve işletme maliyeti, izleme metotları ve yeniden kullanılacak atıksuyun kalitesi alıcı ortam şartları, ISO 16075, şartlarını sağlayacak şekilde uygulanabilirliği belirlenmelidir.

Global olarak günde 21 milyon m³ arıtılmış suyun yeniden kullanımının ülkeler bazında dağılımı Şekil 2.2'de verilmiştir. Sadece A.B.D'de günde 8 milyon m³ arıtılmış atıksu yeniden kullanılmaktadır.



Şekil 2.2 Arıtılmış Atıksuyun Global Ölçekte Yeniden Kullanımı

Diğer yandan Şekil 2.3 incelendiği zaman en yüksek su stresi, kıtlığı, yaşayan ülkelerin başında İsrail ve takiben İspanya geldiği görülmektedir. İsrail’de atıksular ileri arıtma teknolojileri ile arıtılarak %86-90 oranında yeniden kullanıma sokulmaktadır. Özellikle tarımsal sulama amacıyla kullanılmaktadır.



Şekil 2.3 İleri Kademe Arıtılmış Suyun Yeniden Kullanım Oranları

Su stresi yaşıyan ülkelerde arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı ile ilgili ileri atıksu arıtma teknolojileri geliştirilmektedir.

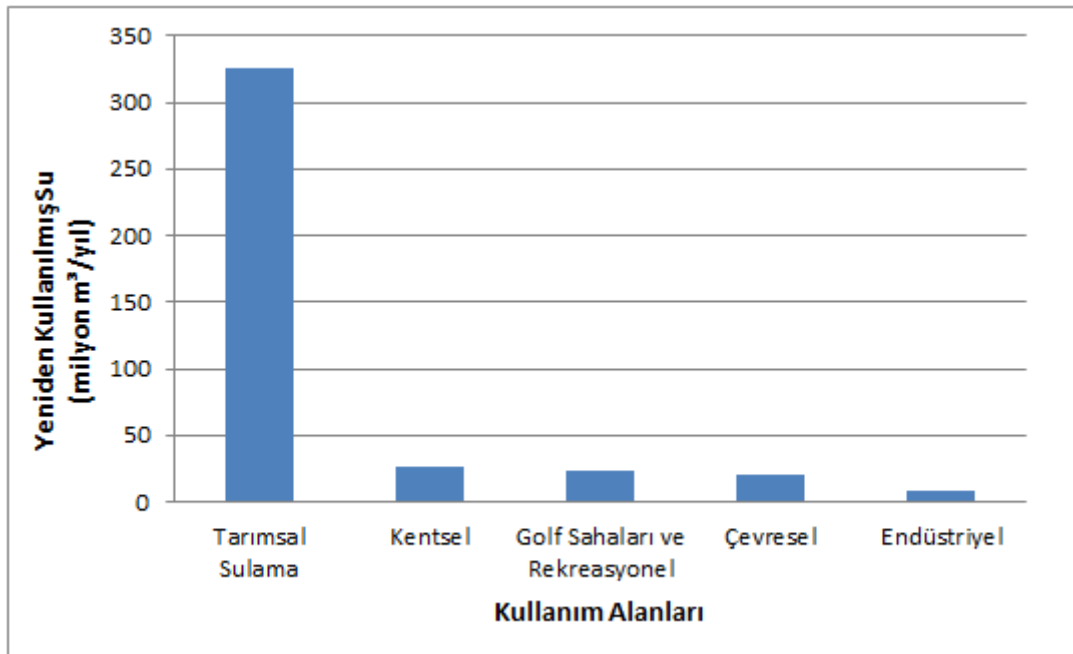
2006 yılı verilerine göre İspanya, İtalya, Almanya, Yunanistan ve toplamda AB ülkelerinde arıtılmış atıksuyun kullanımı Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1 Arıtılmış Atıksuyun Yeniden Kullanımı

Ülkeler	Miktar (milyon m ³ /yıl)
Avrupa Birliği	964
İspanya	347
İtalya	233
Almanya	42
Yunanistan	23

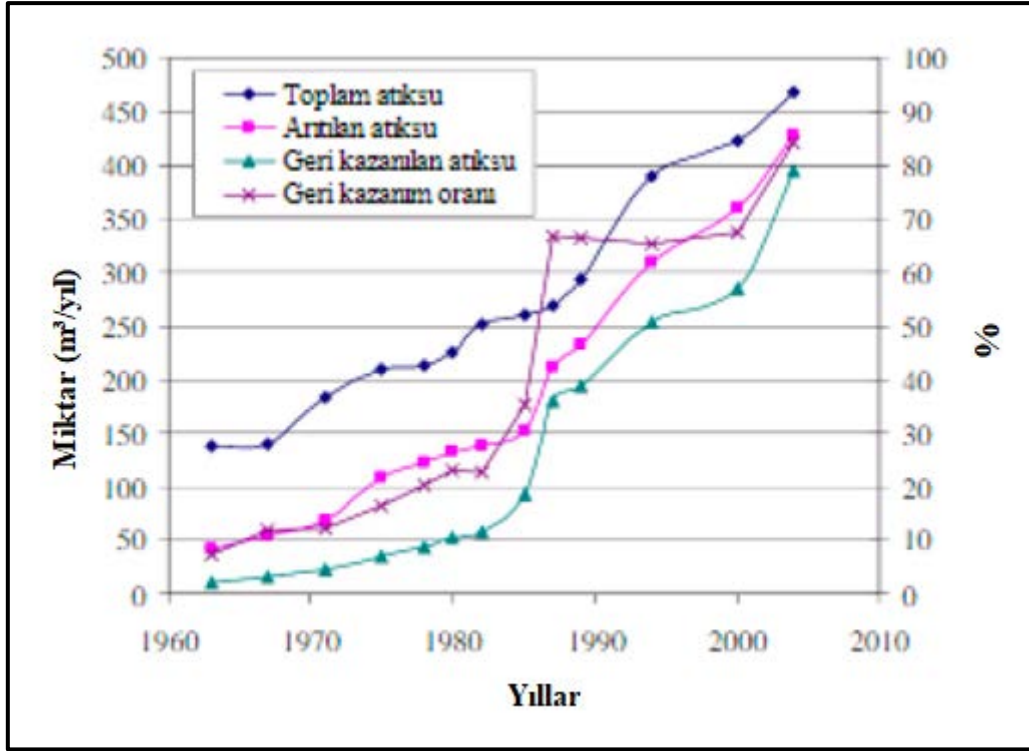
Tablo 2.1 incelendiği zaman AB ülkeleri içinde en fazla arıtılmış atıksuyun kullanıldığı ülkenin su stresi yaşıyan İspanya (%60 oranında) olduğu görülmektedir.

İspanya’da arıtılmış atıksular, tarımsal sulama, golf sahası sulama, özellikle kıyı akiferleri tuzlu sudan koruma amaçlı yeraltısuyu besleme ve nehir akışını desteklemek amaçlı olarak yeniden kullanılmaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 İspanya’da Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanım Miktarı

İsrail’de arıtılmış atıksuların yeniden kullanım oranı, %92-95’dir. İsrail’de arıtılmış suların %80’den fazlası mevsimsel sulama, %2-3 endüstriyel ve akifer deşarj amaçlı kullanılmaktadır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 İsrail’de Arıtılmış Atıksuyun Yeniden Kullanımı

3. ARITILMIŞ ATIKSULARIN YENİDEN KULLANIMI İLE İLGİLİ TEKNİKLER VE STANDARTLAR

Özellikle çiğ olarak yenilen ve toprakla temasta olan marul, tere, maydanoz, ıspanak, turp, roko, pirinç, çilek vb. tarımsal üretim alanların ham atıksularla veya geleneksel arıtma yönetimi ile arıtılmış atıksularla sulanması sağlık ve toprağın fiziksel kimyasal özelliğini değiştirmesi açısından çok tehlikelidir.

2015 yılında Uluslararası Standartlar Teşkilatı'nın (ISO) hazırladığı ISO 16075 standartta arıtılmış atıksu ile sulama projelerinin dizaynı, sağlık riskleri ve azaltılması için stratejiler, sulanabilecek ürün deseni, atıksu sulaması yapılan yer ile konut alanları arasındaki mesafe gibi konuları açıklamıştır. ISO (Uluslararası Standardizasyon Örgütü) 16075: 2015, sulama projeleri için arıtılmış atıksu kullanımına ilişkin rehber kılavuzlar içermektedir.

Suyun yeniden kullanımı, belediye atık suyundan “yeni su” üreterek ve çevreye atık su deşarjını azaltarak su döngüsünü şehirlere daha yakın bir noktada kapatmayı mümkün kılmaktadır.

Sulama için geri kazanılmış su durumunda, geri kazanılan su kalitesi, yetiştirilen bitki türünün adaptasyonunu sağlayabilir. Bu nedenle, amaçlanan suyun yeniden kullanımı uygulamaları, gerekli atık su arıtım kademesi, atık su ıslah işlemlerinin ve işletiminin güvenilirliğini yönetmektir.

Arıtılmış atık suyun yeniden kullanımı için baskın uygulamalar (yeniden kazanılmış su veya geri dönüştürülmüş su olarak da adlandırılır), tarımsal sulama, peyzaj sulama, endüstriyel yeniden kullanım ve yeraltı suyu şarjını içerir. ISO 16075, atık suların tarımsal sulama, kentsel kullanım ve endüstriyel amacıyla arıtılması ve yeniden kullanılmasıyla ilgili yeni bir rehber kılavuzdur. Geri dönüştürülmüş su kullanımıyla ilişkili tarımsal sulama, kentsel ve endüstriyel kullanım sistemleri için faydaları, en üst seviyeye çıkarması ve ilgili riskleri azaltması amaçlamaktadır.

Türkiye, su döngüsü çerçevesinde, arıtılmış atıksuların geri kazanılması ve standartlara uygun yeniden kullanımı ile ilgili teknolojik yatırımları geliştirmelidir.

Yerel yönetimler, arıtılmış atıksuların yeniden kullanım için alanlarının belirlenmesi, ilave yatırımların ve işletme maliyetlerinin ortaya konması, iklim değişikliğinin su kaynaklarına olan baskısı ve su fiyatlandırılması parametreleri esas alınarak planlama çalışması yapabilir.

3.1. Evsel Atıksuların Çok Yüksek Kalitede Arıtmasıyla İlgili Teknikler ve Standartlar

Evsel atıksular arıtıldıktan sonra arıtılmış suyun AB ve ISO 16075 standartlarını sağlaması için çok yüksek kalitede arıtma tesislerinin asgari üniteleri;

- ✓ Atıksuların ikinci kademe arıtması ve ileri arıtılması,
- ✓ Kontak filtrasyon veya membran filtrasyon,
- ✓ Dezenfeksiyon

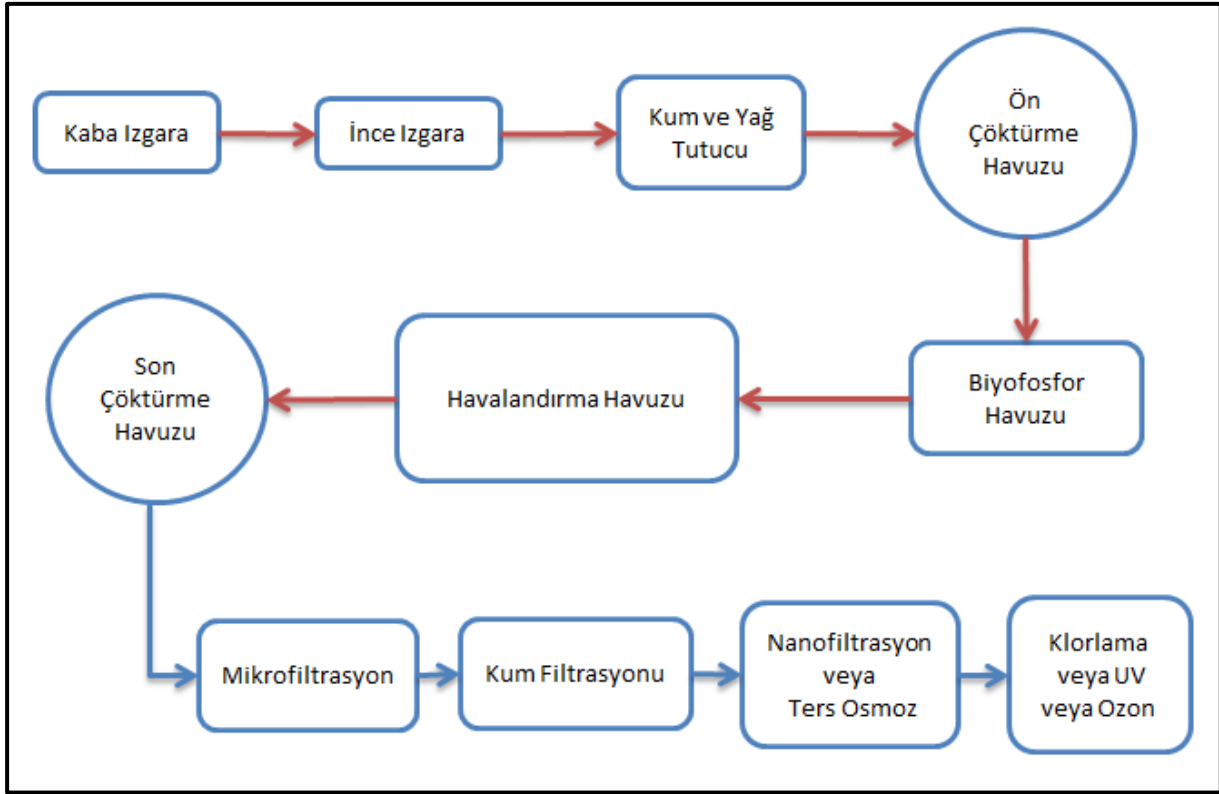
kademelerini içermelidir.

Çok yüksek kalitede atıksu arıtma üniteleri,

- ✓ Ön arıtma; kaba ızgara, ince ızgara, kum ve yağ tutucu,
- ✓ Birinci kademe arıtma; çöktürme havuzu, varsa ince ızgara,
- ✓ İkinci kademe arıtma; Biyofosfor, aktif çamur, son çöktürme, filtrasyon; mikro filtrasyon,
- ✓ İleri arıtma; kum filtrasyon veya mikrofiltrasyon ve nano filtrasyon veya membran filtrasyon veya ters osmos,
- ✓ Dezenfeksiyon; klorlama veya klor dioksit veya UV veya ozon (tarımsal alanda kullanılacaksa trihalometan (THM) oluşmasını önlemek için tercihan UV),

kademelerinden oluşmaktadır.

Çok yüksek kalitede atıksu arıtma, örnek akım şeması Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1 Çok Yüksek Kalitede Atıksu Arıtma Akım Şeması

Çok yüksek kalitede, A kategorisinde arıtılmış atıksuyun, toprakla temasta olan sebze ve meyve bitkileri ve kök bitkileri dahil çiğ olarak (pişirilmeden), insanlar tarafından, tüketilen besin bitkilerinin sulamasında ve şehirlerde sulama amacı ile sınırsız olarak kullanılabilir ve pişirilmeden yenilebilir (tüketilebilir). Bu tür besin bitki türleri, salatalık, tere, turp, havuz, piriş, çilek, nane, ıspanak, roko, brokoli, kavun, karpuz vb. olarak sayılabilir. Çevreye, insana ve hayvana olan risklerle ilgili risk değerlendirmesi yapılır.

Çok yüksek kalitede arıtılmış atıksuların kullanım alanları, yakın çevresinde tüketilecek su miktarları, yatırım ve işletme maliyetleri, iklim değişikliğinin etkisiyle suya olan talep değişikliği önceden belirlenmelidir. Ayrıca özellikle tarımsal alanların sulamasında su kıtlığı çeken ve arıtılmış atıksuları en iyi kullanan İsrail, İspanya, Avustralya ve Singapur gibi ülkelerin iyi uygulamaları incelenmelidir.

Ayrıca çok yüksek kalitede arıtılmış sular, bahçe sulama, tuvalet temizleme, araba yıkama vb. için kullanılabilir.

Çok yüksek kalitede arıtma sonucu, A kategori, arıtılmış atıksuyun kalitesi ile ilgili sınır değerleri Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1 A Kategorisi, Arıtılmış Atıksuyun Kalitesi İle İlgili Sınır Değerleri

Kategori	BOI	TAKM	Bulanıklık	E. Koliform	Bağırsak	Diğerleri
	mg/lit	mg/lit	NTU	sayı/100ml	(nematod)	
	Ort. Mak.	Ort. Mak.	Ort. Mak.	Ort. Mak	Yumurta/lit**	
					Ort*** Mak	
A	≤5 10	≤5 10	≤2 5	≤10* 100	<1 -	Legionella spp :<1.000 cfu/lit seralarda aerosolisasyon riski olan yerlerde

*Tespit edilen limit altı değer, **Çiftlik hayvanları için meraların sulanması veya yem verilmesi halinde bağırsak nematodları (helmint yumurtaları): ≤1 yumurta/lit, ***WHO göre, 15 yaşından küçük çocuklar maruz kaldığında, <0.1yumurta/lit'ye kadar arıtma). pH 6-9 arasında ve 30 dakika temas süresinden sonra bakiye klor 1 mg/lit olmalıdır. İsrail standartlarına göre granül filtrasyon yerine, mevsimsel bir rezervuarda ortalama 60 gün veya "kapalı" ortamda 30 gün bekletilebilir.

Fransa, İtalya ve İsrail'de arıtılmış atıksu suda KOİ değerleri (mg/lit) sırasıyla 60, 100 ve 100'dür. Yunanistan, İtalya, Portekiz, İspanya ve İsrail'de elektrik iletkenliği (dS/m) sırasıyla 3.0, 3.0, 1.0, 3.0 ve 1.4'tür. Yunanistan, İtalya, İspanya ve İsrail'de toplam azot (mg/lit) sırasıyla 30, 15, 10 ve 25'dir.

Tarım alanlarında kullanılacak arıtılmış sularda klorür, iletkenlik, ağır metaller ve bor gibi kirleticiler ölçülmeli ve izlenmelidir.

Arıtılmış atıksuda Tablo 3.1'de verilen E.Koli, TAKM, BOI₅ ve legionella spp.'nin haftada bir defa, bağırsak kurtlarının ayda iki defa ve bulanıklığın günlük ölçümleri, izlenmesi ve raporlanması kayıt altına alınarak yapılır. Tablo 3.1'de verilen analizlerin %90'ında, örnekler iki kez maksimum sapma sınırını, aşamaz.

Tablo 3.1'de verilen limit değerlerini sağlayan arıtılmış atıksular, her türlü sulama metodu (**yüzey sulaması, taşkın sulaması, yağmurlama sulama ve kök dibi (damla)**) ile tarım alanlarda ve şehirlerde kullanılabilir.

USEPA Çok yüksek kalitede arıtılmış suların diğer kaynaklara mesafeler içme suyu kaynaklarından 90 m ve Yerleşim alanlarından 30 m uzak olması önerilmektedir.

3.2. Evsel Atıksuların Yüksek Kalitede Arıtmasıyla İlgili Teknikler ve Standartlar

Evsel atıksuların AB ve ISO 16075 standartlarını sağlaması için yüksek kalitede arıtma tesisi asgari üniteleri;

- ✓ Atıksuların ikinci kademe arıtılması,
- ✓ Filtrasyon,
- ✓ Dezenfeksiyon

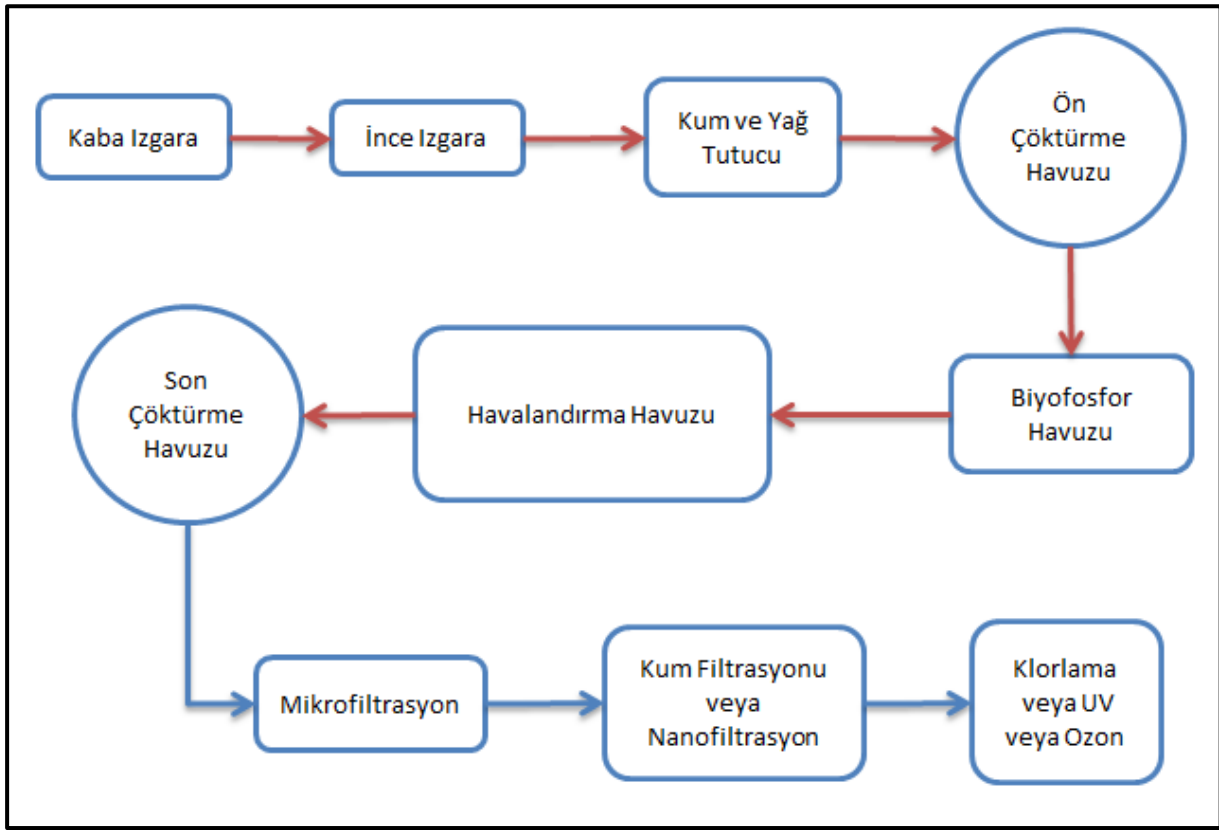
kademelerinden oluşmaktadır.

Yüksek kalitede atıksu arıtma üniteleri,

- ✓ Ön arıtma; kaba ızgara, ince ızgara, kum ve yağ tutucu,
- ✓ Birinci kademe arıtma; çöktürme havuzu, varsa ince ızgara,
- ✓ İkinci kademe arıtma; biyofosfor, aktif çamur, son çöktürme, filtrasyon; mikro filtrasyon,
- ✓ İleri arıtma; kum filtrasyon veya mikrofiltrasyon veya nano filtrasyon
- ✓ Dezenfeksiyon; klorlama veya klor dioksit veya UV veya ozon (tarımsal alanda kullanılacaksa trihalometan (THM) oluşmasını önlemek için tercihan UV),

kademelerinden oluşmaktadır.

Yüksek kalitede atıksu arıtma, örnek akım şeması Şekil 3.2'de verilmiştir



Şekil 3.2 Yüksek Kalitede Atıksu Arıtma Akım Şeması

B kategorisine giren ikinci kademe arıtma, ileri arıtma, filtrasyon ve dezenfeksiyon işlemi ile yüksek kalitede arıtılması halinde sınırlı tarımsal alanlarda ve şehirlerde sulama amaçlı kullanılır. Toprakla ve arıtılmış atıksu ile doğrudan temasta olan, kullanmadan önce mutlaka işlenen (pişirilen) besin bitkileri ile arıtılmış atıksu ile temasta olmayan, toprak üstünde yetiren çığ olarak yenebilen besin bitkilerin sulamasında kullanılır. Ayrıca şehirlerde parklar, spor alanları, golf sahaları, yeşil kemerler, mezarlıklar vb. dahil kamu ve özel bahçelerin ve peyzaj alanlarının sulanmasında kullanılır.

Çevreye, insana ve hayvana olan risklerle ilgili risk değerlendirmesi yapılır.

Yüksek kalitede arıtılmış atıksuların kullanım alanları, yakın çevresinde tüketilecek su miktarları, yatırım ve işletme maliyetleri, iklim değişikliğinin etkisiyle suya olan talep değişikliği önceden belirlenmelidir. Ayrıca özellikle tarımsal alanların sulamasında su kıtlığı çeken ve arıtılmış atıksuları en iyi kullanan İsrail, İspanya, Avustralya ve Singapur gibi ülkelerin iyi uygulamaları incelenmelidir.

Evsel atıksuların yüksek kalitede arıtılması sonucu, B kategori, arıtılmış atıksuyun kalitesi ile ilgili sınır değerleri Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2 B kategori, arıtılmış atıksuyun kalitesi ile ilgili sınır değerleri

Kategori	BOI mg/lt		TAKM mg/lt		Bulanıklık NTU		Koliform sayı/100 ml		Bağırsak Nematodu Egg/lt*		Diğerleri
	Ort.	Mak.	Ort.	Mak.	Ort.	Mak.	Ort.	Mak.	Ort.	Mak.	
B	≤10	20	≤10	25	-	-	≤200	1000	<1	-	Legionella spp :<1.000 cfu/lt seralarda aerosolisasyon riski olan yerlerde

*Çiftlik hayvanları için meraların sulanması veya yem verilmesi halinde bağırsak nematodları (helmint yumurtaları): ≤1 yumurta/lt, pH 6-9 arasında ve 30 dakika temas süresinden sonra bakiye klor 1 mg/lt olmalı. İsrail standartlarına göre granül filtrasyon yerine, mevsimsel bir rezervuarda ortalama 60 gün veya “kapalı” ortamda 30 gün bekletilebilir.

Tablo 3.2’de verilen e.koli haftada bir defa, TAKM ve BOI₅, AB direktifi 91/271/EEC göre, legionella spp.’nin haftada bir defa, bağırsak kurtlarının ayda iki defa ve bulanıklığın günlük olarak ölçümleri, izlenmesi ve raporlanması sıkı şekilde yapılır. Tablo 3.2’de verilen analizlerin %90’ında, örnekler iki kez maksimum sapma sınırını, aşamaz.

Tablo 3.2’de verilen limit değerlerini sağlayan arıtılmış atıksular, her türlü sulama metodu (**yüzey sulama, taşkın sulama, yağmurlama sulama ve kök dibi (damla)**) ile tarım alanlarda ve şehirlerde kullanılabilir.

Tablo 3.2’deki sınır değerlerini sağlayan arıtılmış sular, sulama amacıyla kullanılması halinde, bitkinin yenilebilir kısmının toprak üstünde olan, arıtılmış atıksu ile doğrudan temas halinde olmayan ve insani tüketim için tasarlanmamış mahsuller çiğ olarak tüketilebilir.

İşlenmiş gıda mahsulleri: insan tüketimine yönelik olan ve çiğ olarak tüketilmeyen, bir işlemde sonra (yani, pişirilmiş, endüstriyel olarak işlenmiş) mahsullerdir. Etkilerin analizi amacıyla, bu kategori için su kalitesi kriterinin “yüksek kalite” olduğunu kabul edilmektedir. Ayrıca, işlenmiş gıda ürünleri, gıda dışı ürünler ve süt veya et üreten hayvanları beslemede kullanılan gıda bitkileri bu kapsama dahildir.

Ayrıca yüksek kalitede arıtılmış atıksular, serbest girişli alanların (parklar, golf vb. spor sahaları) sulanması, sokak temizliği, yangın söndürme, fiskiyeler ve diğer rekreasyonel amaçlar için kullanılabilir.

3.3. Evsel Atıksuların İyi Kalite Arıtmasıyla İlgili Teknikler ve Standartlar

Evsel atıksuların AB ve ISO 16075 standartlarını sağlaması için iyi kalite arıtma tesisi asgari üniteleri;

- ✓ Atıksuların ikinci kademe arıtılması,
- ✓ Dezenfeksiyon,

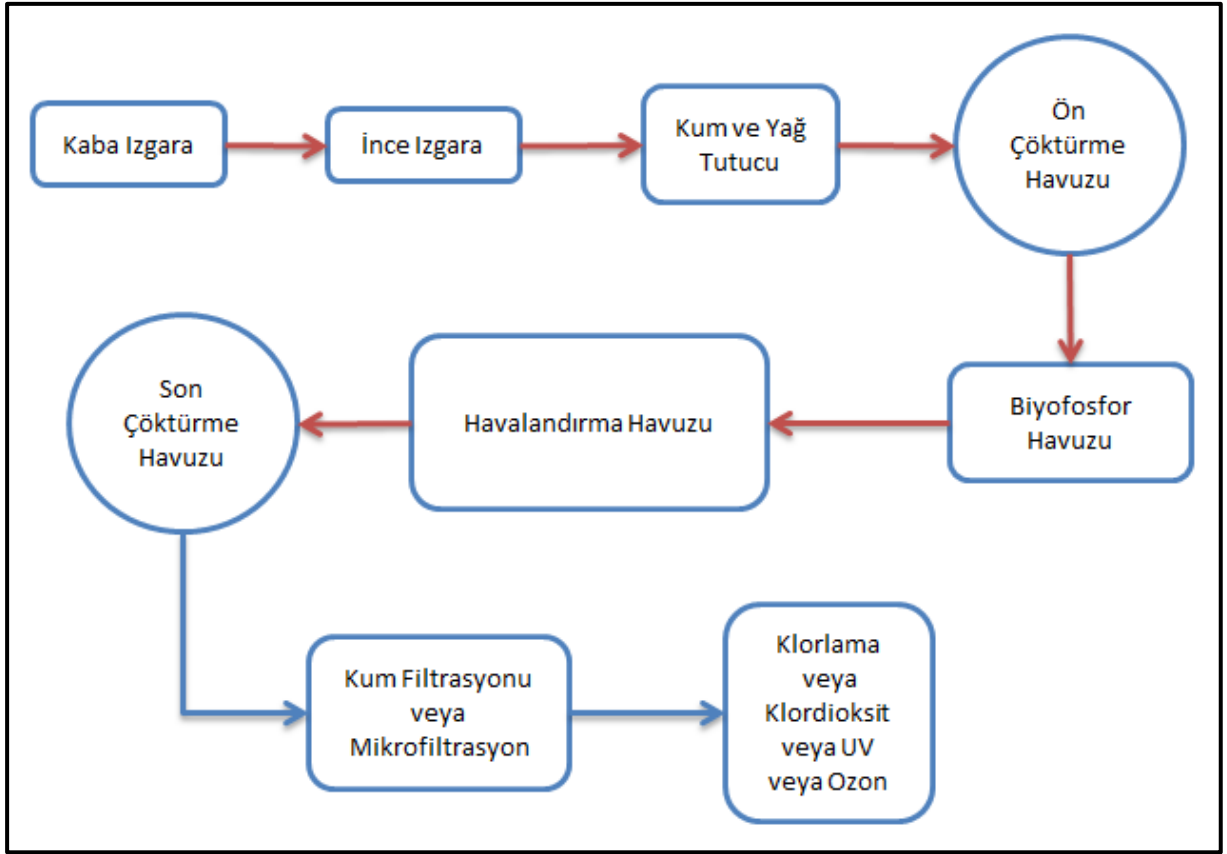
kademelerinden oluşmaktadır.

İyi kalite atıksu arıtma üniteleri,

- ✓ Ön arıtma; kaba ızgara, ince ızgara, kum ve yağ tutucu,
- ✓ Birinci kademe arıtma; çöktürme havuzu, varsa ince ızgara,
- ✓ İkinci kademe arıtma; Biyofosfor, aktif çamur, son çöktürme, filtrasyon; kum filtrasyon veya mikro filtrasyon,
- ✓ Dezenfeksiyon; klorlama veya klor dioksit UV veya ozon (tarımsal alanda kullanılacaksa trihalometan (THM) oluşmasını önlemek için tercihan UV),

kademelerinden oluşmaktadır.

İyi kalite atıksu arıtma akım şeması Şekil 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.3 İyi Kalitede Atıksu Arıtma Akım Şeması

C kategorisine giren ikinci kademe arıtma ve dezenfeksiyon işlemleri ile atıksuyun iyi kalite arıtılması halinde, gıda dışı ürünler: insan tüketimine yönelik olmayan ürünlerin (örneğin meralar, yem, lif, süs, tohum, enerji ve çim bitkileri) sulamasında ve şehirlerde sulama amaçlı kullanılır.

Tarım alanlarda ürünlerin mutlaka işleneceği besin bitkilerinin sulamasında kullanılır. Şehirlerde parklar, spor alanları, golf sahaları, mezarlıklar vb. dahil kamu ve özel bahçelerin ve peyzaj alanlarının sulanması yapılabilir.

İyi kalite arıtma sonucu, C kategori, arıtılmış atıksuyun kalitesi ile ilgili sınır değerleri Tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3.3 C Kategorisi, Arıtılmış Atıksuyun Kalitesi İle İlgili Sınır Değerleri

Kategori	BOI mg/lt		TAKM mg/lt		Bulanıklık NTU		Koliform sayı/100 ml		Bağırsak Nematodu Egg/lt*		Diğerleri
	Ort.	Mak.	Ort.	Mak.	Ort.	Mak.	Ort.	Mak.	Ort.	Mak.	
C	≤20	35	≤30	50	-	-	≤1000	10000	<1	-	Legionella spp :<1.000 cfu/lt seralarda aerosolisasyon riski olan yerlerde

*Çiftlik hayvanları için meraların sulanması veya yem verilmesi halinde bağırsak nematodları (helmint yumurtaları): ≤1 yumurta/lt

Tablo 3.3'de verilen e.koli ayda iki defa, TAKM ve BOI₅, AB direktifi 91/271/EEC göre, legionella spp.'nin haftada bir, bağırsak kurtlarının ayda iki defa ve bulanıklığın günlük olarak ölçümleri ve izlenmesi ve raporlanması sıkı şekilde yapılır. Tablo 3.3'de verilen analizlerin %90'ında, örnekler iki kez maksimum sapma sınırını, aşamaz.

Tablo 3.3'deki sınır değerlerini sağlayan arıtılmış sular, gıda dışı ürünlerin, örneğin meralar, yem, pamuk, lif, süs, tohum, enerji ve çim gibi bitkilerin sulanması **damlama sulama** sistemi ile yapılır.

Ayrıca iyi kalite arıtılmış atıksular, insanlardan uzak serbest girişli alanların (otoparkların, şevlerin, orman alanlarının) sulanması ve diğer rekreasyonel amaçlar için kullanılır.

3.4. Evsel Atıksuların Orta Kalite Arıtmasıyla İlgili Teknikler ve Standartlar

Evsel atıksuların AB ve ISO 16075 standartlarını sağlaması için orta kalite arıtma tesisi asgari üniteleri;

- ✓ Atıksuların ikinci kademe arıtılması,
- ✓ Dezenfeksiyon,

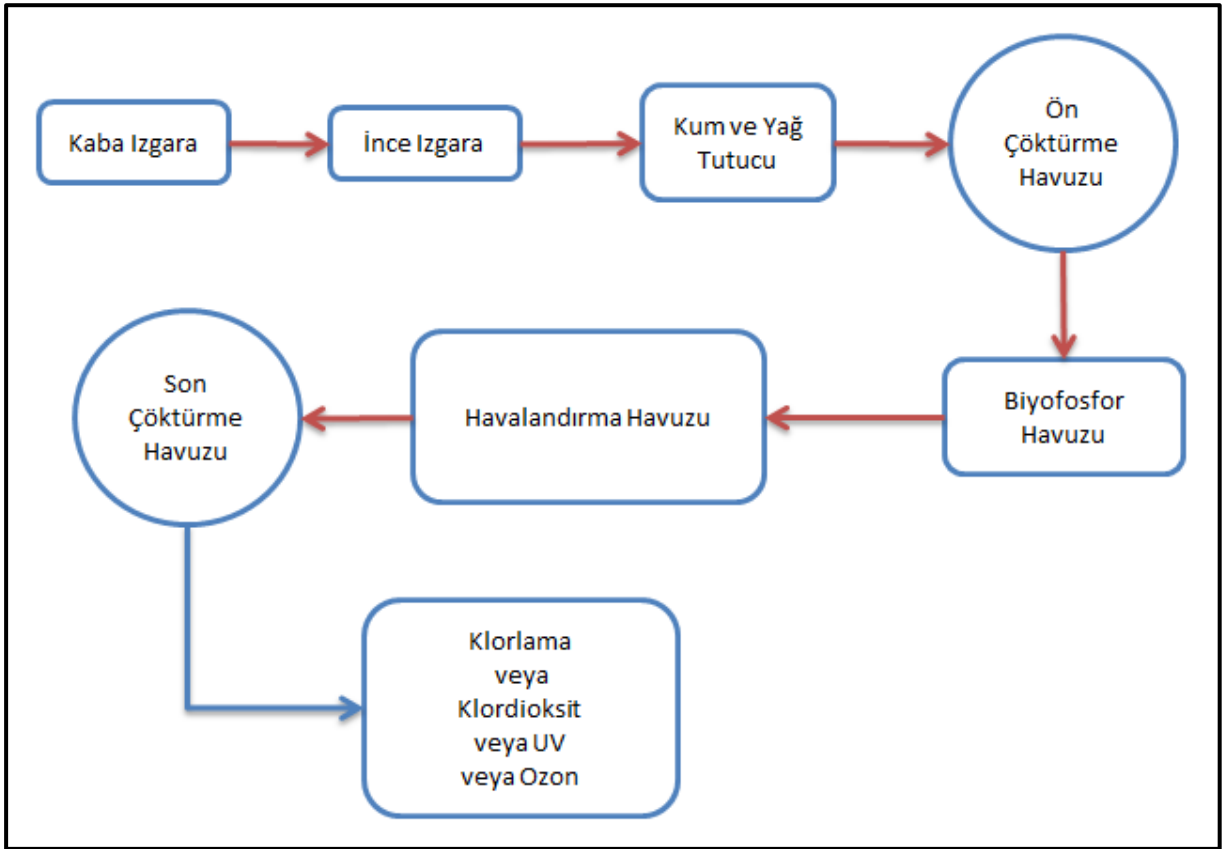
kademelerinden oluşmaktadır.

Orta kalite atıksu arıtma üniteleri,

- ✓ Ön arıtma; kaba ızgara, ince ızgara, kum ve yağ tutucu,
- ✓ Birinci kademe arıtma; çöktürmeye havuzu, varsa ince ızgara,
- ✓ İkinci kademe arıtma; Biyofosfor, aktif çamur, son çöktürme,
- ✓ Dezenfeksiyon; klorlama veya klor dioksit veya UV veya ozon (tarımsal alanda kullanılacaksa trihalometan (THM) oluşmasını önlemek için tercihan UV),

kademelerinden oluşmaktadır.

Orta kalite atıksu arıtma akım şeması Şekil 3.4’de verilmiştir.



Şekil 3.4 Orta Kalite Atıksu Arıtma Akım Şeması

D kategorisine giren ve Tablo 3.4’de verilen sınır değerlerini sağlayan ikinci kademe arıtma ve dezenfeksiyon işlemleri ile atıksuyun orta kalite arıtılması halinde endüstri, enerji ve tohumlu ürünleri tarımsal alanları, tüm sulama sistemi (yüzey sulaması, taşkın sulaması, yağmurlama sulama ve kök dibi (damla)) ile sulama yapılabilir.

Orta kalite kalite arıtma sonucu, D kategori, arıtılmış atıksuyun kalitesi ile ilgili sınır değerleri Tablo 3.4’de verilmiştir.

Tablo 3.4 D Kategorisi, Arıtılmış Atıksuyun Kalitesi İle İlgili Sınır Değerleri

Kategori	BOI mg/lt		TAKM mg/lt		Bulanıklık NTU		Koliform sayı/100 ml		Bağırsak Nematodu Egg/lt*		Diğerleri
	Ort.	Mak.	Ort.	Mak.	Ort.	Mak.	Ort.	Mak.	Ort.	Mak.	
D	≤60	100	≤90	140	-	-	≤10.000	-	<1	5	Legionella spp :<1.000 cfu/lt seralarda aerosolisasyon riski olan yerlerde

*Çiftlik hayvanları için meraların sulanması veya yem verilmesi halinde bağırsak nematodları (helmint yumurtaları): ≤1 yumurta/lt

Tablo 3.4’de verilen e.koli ayda iki defa, TAKM ve BOI₅, AB direktifi 91/271/EEC göre, legionella spp.’nin haftada bir, bağırsak kurtlarının ayda iki defa ve bulanıklığın günlük olarak ölçümleri ve izlenmesi ve raporlanması sıkı şekilde yapılır. Tablo 3.4’de verilen analizlerin %90’ında, örnekler iki kez maksimum sapma sınırını, aşamaz.

4. ARITMA METOTLARINA GÖRE İŞLETMENİN İZLENMESİ

Atıksu arıtma tesislerinde istenen geri kazanılmış su kalitesi seviyesini sağlaması için tesis, yeniden kullanım sistemine uygun performans sağlamalıdır. Uygulanan tüm faaliyetler ve süreç için operasyonel prosedürleri tanımlamak amacıyla operasyonel bir izleme yol haritası geliştirilmelidir.

Tüm su geri kazanım sistemi içinde, tehlikeleri kontrol altına almak için uygulanan tüm önleyici önlemlerin etkin bir şekilde çalışması sağlamalıdır.

AB ülkeleri, arıtılmış atıksuyu yeniden kullanım sisteminin önleyici önlemlerinin performansının sürekli olarak uygun kalitede geri kazanılmış su temin edilmesini sağladığını değerlendirmek ve onaylamak için bir operasyonel izleme usulü geliştirmek zorundadır. Arıtılmış atıksuyun yeniden kullanım sistemi aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

- ✓ Atıksu arıtma tesisine giren ham atıksu,
- ✓ Atık su arıtma tesisindeki atık su arıtma işlemleri,
- ✓ Yeniden kullanım için gerekli kalitede geri kazanılmış su üretmek için ek işlemler.
- ✓ Depolama ve dağıtım sistemleri.
- ✓ Sulama sistemi.

Arıtılmış atıksuyun yeniden kullanım sisteminin kritik kontrol noktaları, operasyonel izlemenin odağı oldukları gibi belirlenmelidir. Kritik kontrol noktalarının belirlenmesi sistemi spesifik ve karar ağacı uygulanarak yapılabilir. Operasyonel izleme kolayca bulunabilecek parametreleri içermelidir. Ölçülen ve önleyici performansının derhal bir göstergesi hızlı bir tepki almayı sağlayacak önlemler (örneğin bakiye dezenfektan ve diğer dezenfeksiyon- ilgili parametreler) alınabilmelidir. Gerçek zamanlı veri raporlama ile çevrimiçi izleme kesinlikle teknolojik olarak mümkün olduğunda önerilir. İşletme parametrelerin tanımlanması için hedef sınırlarla ve kritik sınırlarla ilişkilendirilmesi gerekir etkinlik ve performanstaki farklılıkları tespit edilmelidir. Gözlemsel manuel kontrol önleyici tedbirler ayrıca operasyonel izlemenin bir parçasıdır. Operasyonel izleme usulü ayrıca yapılacak düzeltici faaliyetler için prosedürler içermelidir. Operasyonel parametreler kritik sınırdan saptığında uygulanmalıdır. Operasyonel izleme usülleri birçok kılavuzda açıklanmıştır. Önleyici tedbir için operasyonel izleme şartlarına örnekler atıksu arıtma işlemleri Tablo 4.1'de gösterilmektedir.

Tablo 4.1 Çeşitli Arıtma Süreçleri İçin Operasyonel İzleme Örnekleri

Arıtma işlemi	Operasyonel izleme	Gösterge Frekansı
İkincil arıtma (aktif çamur)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Debi ▪ Nitrat, nitritler ▪ BOD₅, ▪ Askıda katı madde, ▪ Katı madde bekleme süresi, ▪ Çözünmüş oksijen, ▪ Hidrolik bekleme süresi 	<ul style="list-style-type: none"> • Debinin (online) sürekli • Çözünmüş oksijen • Diğer parametreler haftada bir defa
Düşük hızlı biyolojik sistemler (stabilizasyon havuzları)	<ul style="list-style-type: none"> • Debi • BOD₅, (fakültatif ve olgunlaşma havuzlar) • Algal seviyeleri 	<ul style="list-style-type: none"> • Debinin (online) sürekli • Çözünmüş oksijen • Diğer parametreler haftada bir defa
Toprak-akifer arıtma	<ul style="list-style-type: none"> • Debi • Toplam Organik Karbon (TOC) • Toplam azot, nitratlar, nitritler 	<ul style="list-style-type: none"> • Sürekli (çevrimiçi) • Diğer parametreler haftada bir defa
Medya filtrasyon sistemi	<ul style="list-style-type: none"> • Debi, • Bulanıklık 	<ul style="list-style-type: none"> • Sürekli (çevrimiçi)
Membran biyoreaktör (MBR)	<ul style="list-style-type: none"> • pH, • Bulanıklık, • Askıda katı madde, katı madde bekleme süresi, • Çözünmüş oksijen • Hidrolik bekleme süresi, • Transmembran basıncı 	<ul style="list-style-type: none"> • pH, bulanıklık, çözünmüş oksijen, transmembran basıncı gibi parametreler sürekli (çevrimiçi) • Diğer parametreler haftada bir defa
Membran filtrasyonu Teknoloji (ultrafiltrasyon, ters ozmos),	<ul style="list-style-type: none"> • Transmembran basıncı • Bulanıklık • Elektiriksel iletkenlik 	<ul style="list-style-type: none"> • Sürekli (çevrimiçi)
Ultraviyole dezenfeksiyonu (UV)	<ul style="list-style-type: none"> • Debi, • Akıntıya karşı bulanıklık, • UV şiddeti ve/veya hesaplanmış doz, • UV geçirgenliği 	<ul style="list-style-type: none"> • Sürekli (çevrimiçi)
Ozon / Biyolojik Aktif Karbon	<ul style="list-style-type: none"> • Ozon dozu • Sıcaklık 	<ul style="list-style-type: none"> • Sürekli (çevrimiçi)
Klorlama	<ul style="list-style-type: none"> • Serbest klor bakiyesi, Ct* • pH • Sıcaklık 	<ul style="list-style-type: none"> • Sürekli (çevrimiçi)

(*) Ct, bakiye dezenfektan içeriğinin (mg / l) ve dezenfektan temas süresinin (dak) ürünü anlamına gelir.

5. ARITILMIŞ ATIKSULARIN KULLANILMASINDA EK ÖNLEMLER

AB ülkeleri arıtılmış atıksuları, yeniden kullanımı için ortak spesifik koruyucu önlemlere Sahaya özel şartlar ne olursa olsun proje (Tablo 5.1) uymak zorundadır.

Tablo 5.1 Spesifik Ek Önleyici Tedbirler Herhangi Bir Siteye Özgü Durum İçin Ab Ülkeleri Tarafından Uyulması Gereken Halk Sağlığın Korunmasına Yönelik Ölçümler

Geri istenen su kalitesi sınıf	Üye Devletlerin uyması gereken spesifik ek önleyici tedbirler
A sınıfı	Belirli bir vaka için riskleri belirtmek için yeterli veri olmadığı sürece domuzlar, geri kazanılmış su ile sulanan yemlere maruz bırakılmamalıdır.
B sınıfı	<ul style="list-style-type: none"> Islak veya atılmış ürünlerin toplanmasının yasaklanması, Emziren süt sığırları, mera kuruyana kadar meradan uzak tutulması, Yemler paketlenmeden önce kurutulmalı veya siloya (ambara) konmalı, Belirli bir vaka için riskleri belirtmek için yeterli veri olmadığı sürece domuzlar, arıtılmış atıksu ile sulanan yemlere maruz bırakılmamalıdır.
C Sınıfı	<ul style="list-style-type: none"> Islak veya atılmış ürünlerin toplanmasının yasaklanması, Son sulamadan sonra beş gün otlayan hayvanları otlaktan uzak tutun. Yemler, paketlenmeden önce kurutulmalı veya siloya (ambara) konmalı, Belirli bir vaka için riskleri belirtmek için yeterli veri olmadığı sürece domuzlar, arıtılmış atıksu ile sulanan yemlere maruz bırakılmamalıdır.
D Sınıfı	<ul style="list-style-type: none"> Islak veya atılmış ürünlerin toplanmasının yasaklanması,

Geri kazanılan su kalitesi gereklilikleri ve önleyici tedbirler, tarımda suyun yeniden kullanımı için risk yönetimi çerçevesinin ayrılmaz bir parçasıdır. Çoğunlukla çevre sorunlarıyla ilgili olan daha “sahaya özgü” risklerin, ya Su Çerçeve Direktifi çatısı altında ele alındığı ya da yerel koşulları dikkate alarak spesifik risk değerlendirmelerinin geliştirilmesine tabi olduğu açığa çıkmaktadır.

6. ARITILMIŞ ATIKSULARIN ENDÜSTRİYEL AMAÇLI YENİDEN KULLANIM

Dünyada gerek gelişmiş gerekse gelişmekte olan ülkelerde su geri kazanımı, bilhassa endüstriyel suyun yeniden kullanımında çok büyük bir potansiyel oluşturmaktadır. Geri kazanılmış su, bilhassa içme suyu kalitesinde su gerektirmeyen endüstri dallarında ideal olarak gösterilebilir.

Endüstriyel kullanım için geri kazanılmış su ya tesis içindeki endüstriyel atıksulardan ve/veya çevredeki evsel atıksu arıtma tesislerinden sağlanır.

Arıtılmış atıksuların, soğutma suyu ve gıda endüstrisinde, endüstriyel amaçlı yeniden kullanılması ile ilgili sınır değerleri Tablo 6.1’de verilmiştir.

Tablo 6.1 Birinci Kademe İçin Bertaraf Senaryolarının Karşılaştırılması

Kategori	TAKM mg/lt	Bulanıklık NTU	Koliform sayı/100 ml	Bağırsak Nematodu yumurta/10lt	Diğerleri
Endüstriyel Kullanım	<35 mg/L ^{1,2} (soğutma ve gıda endüstrisi) <5 mg/L ^{1,2} (soğutma ve buhar kondensatörleri)	Belirlenmiş bir sınır değer yok	10.000 (soğutma suyu) <1 (gıda)	Soğutma suyu ve gıda endüstrisi <1	Legionella pneumophila ¹ Diğer ^{1,2} kirleticiler sağlık otoritelerine uyumlu

Arıtılmış atıksu;

- ✓ Ucuz ve erişimi kolay bir hammadde,
- ✓ İyi bir solvent (çözücü),
- ✓ İletken özelliklerinin güçlü,
- ✓ Taşıma için kullanıldığında hammadde özelliğinde,
- ✓ Enerji kaynağı

olması nedeni ile sanayi tesislerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Gelişmiş ülkelerde geri kazanılmış suların;

- ✓ Petro kimya sanayi,
- ✓ Kimya sanayi,
- ✓ Termik santraller ve dağıtımı
- ✓ Maden endüstrisi ve taş ocakları,
- ✓ Tekstil endüstrisi,
- ✓ Kağıt endüstrisi,
- ✓ Demir çelik endüstrisi,
- ✓ Deri endüstrisi,
- ✓ Kömür işleme endüstrisi,
- ✓ Çimento endüstrisi,
- ✓ Hazır beton endüstrisi,
- ✓ Araç yıkama istasyonları,

gibi endüstrilerde yeniden yoğun olarak kullanılmaktadır. Endüstriyel alanların çoğunda soğutma, tesis içinde en fazla su ihtiyacına neden olmaktadır. Dünyada, endüstriyel tesislerin büyük çoğunluğunda, geri kazanılmış su soğutma suyu amacıyla kullanılmakta ve büyük fayda sağlamaktadır.

Birçok endüstri, içme suyu niteliğindeki suya ihtiyaç duymadığından geri kazanılmış su idealdir. Endüstriyel atık suyun tesis içinde geri çevrimi, genellikle prosesin bir parçası şeklinde uygulanmaktadır. Endüstride arıtılmış atıksu, proses suyu, soğutma kuleleri, kül sulama, toz kontrolü, radyoaktif atıkların seyreltilmesi, baca gazı yıkama, maden zenginleştirme ve kazan besleme/tamamlama suyu, yangın suyu, tesis için toz kontrolü için sulama gibi proseslerde kullanılabilir. Soğutma kuleleri, proses ısısını düşürmek ve bu ısıyı buharlaşma ile transfer eden devir daimli buharlaştırmalı soğutma sistemleridir. 250 MW'lık bir enerji santrali soğutma sistemini devirdaim ettirmek için 44-88 L/s kadar ilave suya ihtiyaç duymaktadır.

Tablo 6.2'de farklı endüstriler için proses suyu kalite standartları verilmiştir. Soğutma suları, tek başına en büyük endüstriyel su ihtiyacını oluşturur ve pek çok endüstri için geri kazanılmış suyun en yaygın kullanım yöntemidir. Ancak soğutma suyu olarak geri kazanılmış atık suların kullanılması halinde; korozyon, çökelme, kazan taşı ve mikrobiyal büyüme konularına dikkat edilmelidir. Tüm kazanlarda içme suyu ve arıtılmış atıksu ile çalışmalarda

sertliğin sifıra yakın olması istenir. Kazanlarda; kalsiyum, alüminyum; magnezyum ve silisyum çökelek oluşturduğu için arıtılması istenir.

Her bir sanayinin kullandığı suyun kalitesine göre kentsel atıksuların arıtılabilirliği, yatırım ve işletme maliyeti ve ekonomik analizi öncelikli olarak değerlendirilmelidir.

Tablo 6.2 Farklı Endüstriler İçin Proses Suyu Kalite Standartları

Parametre	Kağıt Hamuru ve Kağıt			Kimya	Petrokimya ve Kömür	Tekstil		Çimento
	Mekanik Boru Şebeke Şisi	Kimyasal, Beyazlatılmış	Kağıt Hamuru ve Ağartılmış Kağıt			Boyutlandırma ve Süspansiyon	Arındırma, Ağartma ve Boyama	
Cu	-	-	-	-	0,05	0,01	-	-
Fe	0,3	1	0,1	0,1	1	0,3	0,1	2,5
Mn	0,1	0,5	0,05	0,1	-	0,05	0,01	0,5
Ca	-	20	20	68	75	-	-	-
Mg	-	12	12	19	30	-	-	-
Cl	1000	200	200	500	300	-	-	250
HCO ₃	-	-	-	128	-	-	-	-
NO ₃	-	-	-	5	-	-	-	-
SO ₄	-	-	-	100	-	-	-	250
SiO ₂	-	50	50	50	-	-	-	35
Sertlik	-	100	100	250	350	25	25	-
Alkalinite	-	-	-	125	-	-	-	400
Top Çöz. Katı Madde	-	-	-	1000	1000	100	100	600
AKM _İ	-	10	10	5	10	5	5	500
Renk	30	30	10	20	-	5	5	-
pH	6 ile 10 arası	6 ile 10 arası	6 ile 10 arası	6,2 ile 8,3 arası	6 ile 9 arası	-	-	6,5 ile 8,5 arası

Endüstriyel uygulamalarda arıtılmış atıksuyun yeniden kullanımı, soğutma, proses suyu, kazan tamamlama suyu; kağıt hamuru ve kâğıt, kimyasal, petrokimya, kömür ve çimento endüstrilerinde endüstriyel proses suyu olarak kullanılır. Burada, paslanmayı, biyolojik kirlenmeyi, amonyak ve fosfatların giderilmesi için atık suyun ileri arıtılması, alkalilikte, sertlikte ve askıya alınmış ve çözülmüş katılarda azalmak, kireç oluşumunu önlemek için yüksek su saflığına ihtiyaç duyulur.

Arıtılmış atıksu, yangın söndürme gibi işlemlerde yeniden kullanılması için iletkenlik, TAKM, bulanıklık, mikroorganizma gibi kirleticilerin ek olarak giderilmesi gereklidir. TAKM ve

bulanıklık nozullarda tıkanıklığa neden olabilir. Bu tür kirleticiler, membran prosesleri ile giderilmesi gereklidir.

Pekin'de geri kazanılmış atık su dağıtım sistemleri kapsamındaki güç santralleri, belediye tarafından temiz su yerine arıtılmış atık su kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. 2010'da merkezi şehirdeki 9 termik santral tesisi, geri kazanılan atık suyu soğutma suyu sistemlerine entegre etmiştir. Soğutma suyu olarak potansiyel tüm sanayi kullanıcıları tarafından kabul edilen geri kazanılmış atıksu ile endüstriyel üretim için geri kazanılan atık su miktarı % 27.45 artarak $1,4 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olacaktır.

Türkiye'de atıksuların arıtılıp endüstriyel amaçlı kullanımı ile ilgili yol haritası ortaya konmalı, finansman mekanizması geliştirilmeli ve teknolojik alt yapı oluşturulmalıdır.

7. YERALTI SUYU BESLEMESİ AMAÇLI YENİDEN KULLANIMI

Kentsel atıksu arıtma tesislerinden yüksek oranda atık su kullanarak yönetilen akifer şarjı dolaylı içme suyu suyunun yeniden kullanılması için umut verici bir strateji olarak kabul edilmiştir. Tabii ki çok yüksek kademe arıtılmak şartıyla arıtılmış atıksular yer altı suyunu beslemek için kullanılabilir. Akiferdeki tahmini kalış süresi 5 ila 15 yıldır. Gelişmiş bazı ülkelerde (ABD, Hollanda, Almanya gibi), arıtılmış atıksular zemine sızdırılarak toprağın da arıtma kapasitesinden yararlanmak istenmektedir. Kentsel atıksu çok yüksek kalitede arıtıldıktan ve arıtıldığından emin olunduktan sonra yeraltı suyuna şarjı, bir projeye başlamadan önce dikkatle değerlendirilmesi gereken geniş bir teknik ve sağlık zorluklar yelpazesi sunmaktadır. Günümüzde, sağlık riski ile ilgili bazı belirsizlikler nedeniyle, arıtılmış atıksuyun yeraltı suları için geniş bir kullanım alanı bulması sınırlıdır.

Çok yüksek kalitede arıtılmış atıksuların akifer şarjının amaçları şunlardır:

- ✓ Kıyı akiferlerinde tuzlu su girişini engelleyen setleri oluşturmak,
- ✓ Daha sonra alınması ve tekrar kullanılması için şarj edilmiş su için depolama alanı sağlamak,
- ✓ Yeraltı suyuna bağlı karasal ve sucul ekosistemleri korumak,
- ✓ Tuzlu su veya kirli akiferleri seyreltmek,
- ✓ Zemin bozulmasını kontrol etmek veya önlemek,
- ✓ Yeniden kullanılabilirlik üzere depolamak.

Akifer, mevcut veya gelecekteki kullanımına göre kalite gereksinimlerini farklılaştırmamalı, mevcut kalite ve çevresel hedefe göre ayırt edilmelidir.

Ülkemizde arıtılmış suların yeraltı suyu beslemesinde çok dikkatli olunmalıdır. Çünkü ülkemizde yeraltı suları içme ve kullanma suyu olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Yeraltı suyuna şarj edilen arıtılmış atıksuyun içme suyu kalitesinde veya yeraltı suyunun kalitesini bozmayacak kalitede olmasına dikkat edilmelidir. Kaliforniya Eyaleti Yeraltı Suyu Geri Kazanma Kriterleri temkinli bir yaklaşımın bir örneği olarak ele alınabilir. Buna ek olarak, Dünya Sağlık Örgütü'nün İçme Suyu Kalitesi için Kılavuz İlkelerinin geliştirilmesinde kullanılan metodolojinin bir özeti, yeraltısuyu şarjına uygulanabilecek kirleticiler için sayısal değerlerin nasıl oluşturulduğunu göstermektedir.

Arıtılmış atıksular yeraltı suyuna farklı yöntemlerle verilebilmektedir. Bunlar; yüzeysel püskürtme, kum filtrasyonu, nehre deşarj, doğrudan enjeksiyon ve toprak/su arıtma

sistemleridir. Hangi bölgelerde hangi kalitede atıksuların arıtılacağı, yeraltına besleme yapılacağı ve izlenmesinin nasıl yapılacağı rehber kılavuzlarla ortaya konmalıdır. Yüzey yayılımı, suyun, kara yüzeyinden akifere, vadoz bölgesi boyunca sızma ve süzülme yoluyla hareket ettiği bir yeniden doldurma yöntemidir.

Arıtılmış atıksuların yeraltı su dolusunda; Bağırsak Nematodu <1 yumurta/1lt, Koliform <1000 sayı/100 ml, TAKM <351,2 mg/lt ve toplam azot <10 mg/L olmalıdır.

Yapılan bir çalışmada, yönetilen akifer şarjı (YAŞ) için atık su çıkışındaki kritik kirleticilerin tanımlanmasına yönelik çok kriterli bir yaklaşım geliştirilmiş ve güney Ontario, Kanada'da bulunan bir yerde kullanılarak uygulanmıştır. Bu yaklaşımın önemli bir özelliği, atık sularda oluşabilecek potansiyel ve beklenen sağlık veya çevresel etkilere dayanan her kirletici grubu için temsili bileşiklerin seçilmesidir. Sonuçlar, YAŞ için Şarj Edilen Su Kalitesi Hedeflerinin, mevcut suyun yeniden kullanımı, içme suyu ve çevresel su kalitesi düzenlemelerine, yönergelerine dayalı olarak tanımlayabileceğini göstermiştir.

Arıtılmış atıksuların deşarj edildiği bölgelerde yeraltı su kalitesi izleme programları oluşturulmalıdır. Yılda 10 milyon m³ üzerinde arıtılmış suyun deşarj edildiği akifer şarj planının çevresel etki değerlendirmesi yapılmalıdır.

8. ARITILMIŞ ATIKSU YENİDEN KULLANMA MALİYETİ

Çoğu ülkede, mevcut veriler makul gösterge sermayesi veya işletme maliyetleri sağlayacak senaryo bazlı maliyet aralıkları üretmek için yetersizdir.

Su stresi, kıtlığı, yaşayan ülkeler;

- ✓ Temiz su kaynaklarının azalması ve riske girmesi,
- ✓ Kuru alanların değerlendirilmesi,
- ✓ Tarımsal alanların su ihtiyaçlarından dolayı daralması ve gelecekte suya olan ihtiyacın artması,
- ✓ Gelecekte iklim değişikliğinin etkisi ile mevcut kaynaklardan su temininin daralması ve suya olan talebin artması,

esas alınarak daha maliyetli temiz suyun temin edileceği gerçekçi ve güvenilir verilerle su tariflerine yansıtılır ve atıksular yeniden kullanılacak kalitede arıtılması, işletilmesi, kullanım alanına pompalanması maliyetleri esas alınarak ekonomik ve uygulanabilir tarife belirlenirse, arıtılmış suların yeniden kullanımı ile ilgili sürdürülebilir yatırımlar yapılabilir.

Atıksular çok yüksek ve yüksek kalitede arıtılması ve elde edilen arıtılmış suyun yeniden kullanılması için yatırım, işletme ve kullanımının ekonomik olarak değerlendirilmenin yanında çevresel ve sosyal etkiler ve yatırım-işletme maliyetleri, ölçüm, izleme ve kontrol mekanizmaları gözden geçirilmelidir.

Mevcut ve gelecekte muhtemel zorluklar ve avantajlar ortaya konmalıdır. Havza bazda ve yerel ölçek bazında arıtılmış atıksuların tarımsal alanlarda kesikli ve sanayi, göletler ve akiferlerde sürekli kullanımı ile ilgili yatırım, işletme ve bakım maliyetleri, ekonomik faydaları, küresel ısınma, çevresel ve sosyal etkileri ve mevcut temiz su fiyatları başta olmak üzere tüm yönleri ile ilgili taraflarla birlikte değerlendirilmeli ve geleceğe dönük uygulanabilir eylem planları ortaya konmalıdır.

Tablo 8.1’de, bazı ülkelerin örnekleri özetlenmiştir.

Tablo 8.1 Bazı Ülkelerde Arıtılmış Atıksu Yeniden Kullanma Maliyeti

Ülkeler	Açıklama
İtalya	İtalya'da ISPRA tarafından birkaç geri dönüşüm tesisinin (farklı kullanımlar için farklı tesisler: kentsel, endüstriyel, tarım) bir Anketinde hesaplanan yeniden kullanım için ortalama maliyetler 0,0083 ile 0,48 €/m ³ arasında değişmektedir. Bir karşılaştırma olarak, nehirlerden ve yeraltı su kütlelerinden su çıkarmanın maliyeti 0,015-0,2 €/m ³ olarak tahmin edilmektedir. Geri dönüşümlü suyun yüksek maliyeti genellikle suyun yeniden kullanılmasındaki ana engellerden biri olarak belirtilmektedir.
Portekiz	Mevcut veriler şu anda makul gösterge sermayesi veya işletme maliyetleri sağlayacak senaryo bazlı maliyet aralıkları oluşturmak için yetersizdir.
İngiltere	Mevcut veriler şu anda makul gösterge sermayesi veya işletme maliyetleri sağlayacak senaryo bazlı maliyet aralıkları oluşturmak için yetersizdir.
Hollanda	Hollanda'da arıtılmış atık suyun tekrar kullanılmasına genellikle izin verilmez.
Kıbrıs	Arıtılmış atıksuyun tarımsal sulama alanlarında tarifesi, 0,23-0.30 €/m ³ 'dir.
İsrail	Su kaynaklarını korumak amacıyla arıtılmış atıksuyun tarifesini düşük tutmaktadır. Arıtılmış atıksuyun tarifesi 0,36 €/m ³ 'dir.
İspanya	Arıtılmış atıksuyun fiyatı 0,45 €/m ³ 'tür. Tarım ürünlerinin sulamasında kullanılan arıtılmış atıksuyun nihai fiyatı üzerindeki ekonomik etkisinin yüksek olduğu bildiriliyor

Arıtılmış atıksuların tarım arazilerinde kullanılması halinde atıksu içinde bulunan azot ve fosfordan dolayı azotlu ve fosforlu gübre kullanım azalacaktır. Temiz su kaynaklarına olan baskı azalacaktır. Çevresel ve sosyo-ekonomik açıdan önemli fayda sağlayacaktır.

Döngüsel su ekonomisi çerçevesinde, çok yüksek kalitede atıksu arıtma ve arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı teknolojisi gelişebilir.

9. KAYNAKLAR

1. Water reuse Setting minimum requirements, BRIEFING, EU Legislation in Progress, EPRS | European Parliamentary Research Service, 2018.
2. Yosef Dreizin, WASTEWATER REUSE IN ISRAEL—RISK ASSESSMENT, Water Desalination Administration Water Commission, Tel Aviv, 2007.
3. EU-level instruments on water reuse Final report to support the Commission's Impact Assessment, Prepared by Amec Foster Wheeler Environment & Infrastructure UK Ltd, IEEP, ACTeon, IMDEA and NTUA, October 2016.
4. Hatice Duman, Arıtılmış Kentsel Atıksuların Sulamada Yeniden Kullanımı, Osman ve Su Bakanlığı, 2017.
5. Alcalde-Sanz, L. and Gawlik, B.M. Minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge, Towards a legal instrument on water reuse at EU level, 2017.
6. Valentina LAZAROVA, ISO Standards On Water Reuse For Irrigations, SUEZ ENVIRONNEMENT, 2015.
7. Yossi Inbar, Senior Deputy Director General, Industries, New Standards For Treated Wastewater Reuse In Israel, 2007.
8. Philippe Marin, Shimon Tal, Joshua Yeres, and Klas Ringskog, Water Management in Israel, Technical Paper, 2017.
9. Asher Brenner, Chapter 1 Limitations and Challenges of Wastewater Reuse in Israel, 2011.
10. Christian Baresel, Lena Dahlgren, Aleksandra Lazic, Alexis de Kerchove, Mats Almemark, Mats Ek, Mila Harding, Elin Ottosson, Jesper Karlsson, JingJing Yang, Ann-Sofie Allard, Jörgen Magnér, Heléne Ejhed, Anders Björk, Reuse of treated wastewater for non-potable use (ReUse) Final report, 2015.
11. Özlem Demir, Müjgan Yıldız, Ümit Sercan, Cemile Şeyma Arzum, Harran Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Atıksuların Geri Kazanılması ve Yeniden Kullanılması, HU Muh. Der. 02 (2017) p.1-14.
12. Saul Arlosoroff, Mekorot - National Water Corporation, Wastewater Management, Treatment, And Reuse In Israel, 2007.
13. M. KELLIS, I.K. KALAVROUZIOTIS1, P. GIKAS2, Review Of Wastewater Reuse In The Mediterranean Countries, Focusing On Regulations And Policies For Municipal And Industrial Applications, Global NEST Journal, Vol 15, No 3, pp 333-350, 2013.

14. Aslıhan KATİP, Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanım Alanlarının Değerlendirilmesi, Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 7, Sayı 2, (2018), 541-557.
15. Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı, Karışık Endüstri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018.
16. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 7, Sayı 2, (2018), 541-557.
17. Prof. Dr. Ayşegül TANIK, Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK Y. Müh. Gökhan CÜCELOĞLU, Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı Ve Yağmur Suyu Hasadı Sistemleri (El Kitabı), Türkiye Belediyeler Birliği, 2015.
18. Report on Urban Water Reuse, Integrated Water Approach and Urban Water Reuse Project, 2018/07 Version.
19. International Organization for Standardization (2015) ISO 16075-2:2015 – Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects - Part 2: Development of the project, International Organization for Standardization, Geneva.