








Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Derleme Makale

Atıksuların Yeniden Kullanımına Genel Bir Bakış

 Betül FIRAT ^{a,b},  Sevgi SERİCİK ^a,  Yakup ÇAKMAK ^c,  Sultan UĞUZLU ^a,  Özlem DEMİR ^{b,d,*}

^a Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, TÜRKİYE

^b Harran Üniversitesi, GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi, Şanlıurfa, TÜRKİYE

^c Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, TÜRKİYE

^d Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, TÜRKİYE

* odemir@harran.edu.tr

DOI: 10.29130/dubited.1207875

ÖZ

Dünya nüfusunun dörtte biri suyun fiziksel olarak kıt olduğu yerlerde yaşamakta ve küresel olarak her üç kişiden biri su kıtlığına katlanmaktadır. Sürdürülemez tüketim seviyeleri, yerel su kıtlığına yol açmış ve tatlı su ekosistemlerini önemli ölçüde etkilemiştir. Nüfus artışı ve endüstrinin gelişmesinden kaynaklanan artan su taleplerini karşılamak mevcut su kaynaklarını azaltmaktadır. Birçok kurak ve yarı kurak alanda endüstriyel, tarımsal, rekreasyonel ve içme uygulamaları için gerekli olan büyük miktarda suyu sağlamak zordur. Uygun arıtma yoluyla geri kazanılan atıksu, çeşitli su kalitesi gereksinimlerini karşılayabilmektedir. Geri kazanılmış su, arıtma seviyesine bağlı olarak tarımsal ve peyzaj sulama, endüstriyel işlemler, tuvalet yıkama ve yeraltı suyu havzasının yenilenmesi gibi birçok su talebini karşılamak için çok sayıda uygulama kullanılabilir. Nüfuslar artmaya devam ettiği sürece genel su dengesi kontrol altında tutulmalıdır. Daha fazla insan daha fazla tatlı su anlamına gelir, bu da daha fazla atıksu anlamına gelmektedir. Dünyanın artan su ihtiyaçlarına verebilecek tek çözümün su geri dönüşümü olduğu bilinci her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmada dünya genelinde ve Türkiye’de mevcut bulunan su potansiyeline, suyun geri kazanımının önemine, atıksuların geri kazanım tekniklerine, arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı ile ilgili yapılan bazı çalışmalara ve halkın görüşüne yer verilmiştir. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki atıksuların geri kazanımı çeşitli arıtım yöntemleri ile mümkün olmaktadır fakat arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı ile ilgili daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Su kaynakları, Suyun Önemi, Arıtılmış atıksu, Atıksu geri kazanımı, Atıksu yeniden kullanımı

Overview of Wastewater Reuse

ABSTRACT

A quarter of the world’s population lives in places where water is physically scarce, and globally one in three people endure this water shortage. Unsustainable levels of consumption have led to local water scarcity and have significantly impacted freshwater ecosystems. Meeting the increasing water demands caused by population growth and industry development reduces the available water resources. In many arid and semi-arid areas, it is difficult to provide the large amounts of water needed for industrial, agricultural, recreational and drinking applications. With proper treatment, the recovered wastewater can meet various water quality requirements. Depending on the level of treatment, recycled water can be used in many applications to meet many water demands, such as agricultural and landscape irrigation, industrial processes, toilet flushing, or groundwater basin regeneration. Although populations continue to increase, the overall water balance must be kept in check. More people mean more fresh

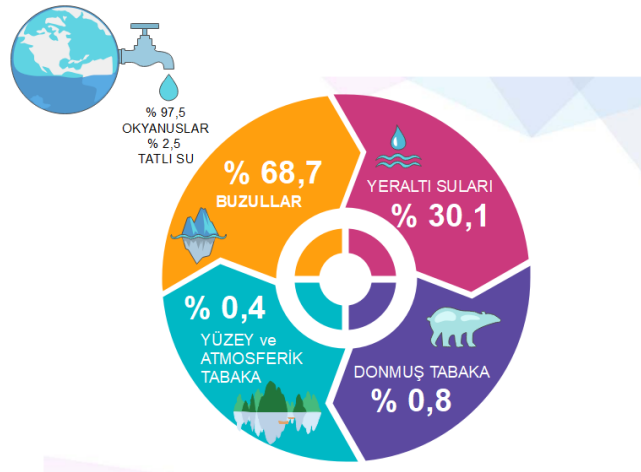
water, which means more wastewater. The awareness that water recycling is the only solution that can be given to the world's growing water needs is increasing every day. In this study, the water potential in the world and in Turkey, the importance of water recovery, the recovery techniques of wastewater, some studies on the reuse of treated wastewater, and the public opinion on the reuse of treated wastewater are included. Studies have shown that the recovery of wastewater is possible with various treatment methods, but more studies are needed on the reuse of treated wastewater.

Keywords: Water resources,, Water potential,, Treated wastewater, Wastewater recovery, Wastewater reuse

I. GİRİŞ

Su, daha fazla insana ve kullanıma hizmet etmek zorunda olan sınırlı bir kaynaktır ve bu nedenle insanın hayatta kalmasını, herkesin güvenilir bir kaynağa erişmesini ve sürdürülebilir ilerleme için çok önemlidir. Stratejik bir konuma sahip olan su hayatın, ekosistemin ve canlılığın temelini oluşturan yaşamımızın vazgeçilmezi doğal ve sınırlı bir kaynaktır [1]. Kentleşme, iklim değişikliği, nüfus artışı ve sanayileşmenin artması ile suya olan ihtiyaçta artmaktadır. Yiyecek ve suya olan bu ihtiyaçların artışı da su kıtlığına neden olmaktadır [2]. IWMI, yiyecek olarak tüketilen her kaloriyi üretmek için yaklaşık 1 litre su gerektiğini söylemektedir [3]. Kaynakların aşırı tüketilmesi, nüfus artışı ve bu artışa bağlı olarak doğal kaynaklara olan ihtiyacın artması var olan kaynakların kirlenmesine ve tükenmesine yol açmıştır. Tehlike alarmı veren kaynaklardan biri de sudur [4]. Suyun hayatımızda olmadığı yer yoktur ve su kaynaklarımız baskı altındadır. Su kıtlığı dünya genelinde başlıca bir sorun olup endişe verici bir hal almaktadır. Su kıtlığının önemli bir nedeni tarımdır, çünkü bitkisel üretim, içme ve diğer evsel amaçlar için kullanılandan 70 kat daha fazla su kullanılmaktadır.

Küresel ölçekte doğal sebepler ve insan eylemleri kullanılabilir su kaynaklarını azaltmaktadır. Doğal şartların değişimi ve iklim değişimi ile bu durum daha da artmaktadır [5]. Dünya genelinde 1,4 milyar insan temiz suya erişememekte ve nüfusun 470 milyonu su kıtlığı ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu rakamların 2025 yılında 6 katına kadar çıkması beklenmektedir [1]. Orta Doğu, Afrika'nın büyük bir bölümü, Amerika, Hindistan ve Asya'da su kıtlığı yaşanmaktadır [6]. 1 milyar 400 milyon km³ kullanılabilir su bulunmaktadır ve bu suyun %97,5'i tuzlu su %2,5'i ise içilebilir tatlı su kaynaklarıdır [7]. Dünya'da mevcut suyun dağılımı Şekil 1'de gösterilmektedir.

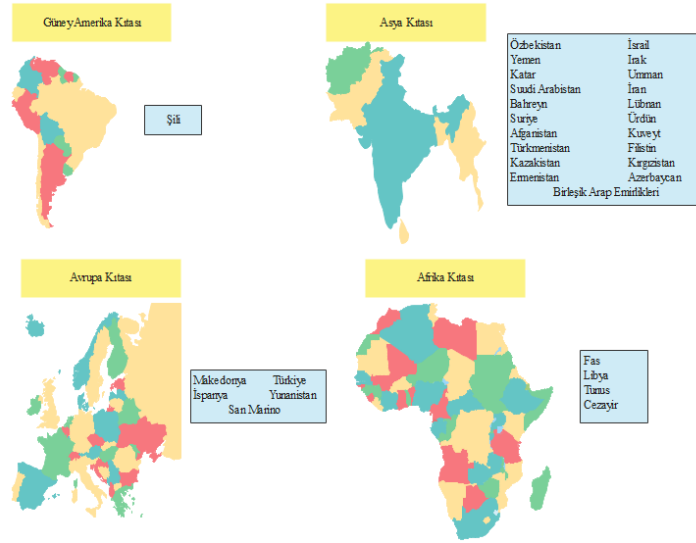


Şekil 1. Dünyadaki suyun küresel dağılımı.

Suyun yeryüzündeki dağılımı düzensizdir. Yağışlar suyun tek kaynağı konumundadır. Yağış yok ise sudan bahsetmek olanaksızdır. Yeryüzüne 1 damla yağış düşmez ise problem içerisindeyiz demektir [8]. Dünyada bazı yerler yoğun yağış alırken bazı yerlerde yağış almamakta ve aşırı sıcaktan olumsuz etkilenmektedir. Güney Amerika %30, Avrupa %33, Asya %60, Afrika'nın büyük bir bölümü, Avustralya'nın neredeyse tamamı ve Amerika'nın kuzeybatısı az yağış almaktadır [9]. Bu olumsuz

etki sebebiyle bazı yerler su zengini ülkeler arasına girerken bazı yerler su fakiri ülkeler arasında bulunmaktadır. Kullanılabilir kişi başı yıllık su miktarı Falkenmark göstergesine göre dört kategoride değerlendirilmektedir. Kullanılabilir su miktarı $>1.000 \text{ m}^3$ “su fakiri”, $1.000 - 3.000 \text{ m}^3$ “su sıkıntısı çeken”, $3.000-10.000 \text{ m}^3$ “yeterli suya sahip”, $<10.000 \text{ m}^3$ “su zengini ” ülkeler olarak tanımlanır [10]. Suyun kalitesi önemli bir göstergedir. Kaliteli suya sahip olmayıp kaynak bakımından zengin olan bir bölge sürdürülebilirliği sağlayamaz. Su kıtlığını önleyebilmek için sürdürülebilir su yönetimini kontrol altında tutmalıyız [11]. Ülkelerin sağlık alanında, geçim kaynaklarında ve ekonomik gelişiminde ciddi sorunlarının olması su kalitesinin düşüklüğüne ve bilinçsiz kullanımından kaynaklanmaktadır. Su uygulamalarında verimliliğin en üst düzeyde olabilmesi için yöntem ve alışışlıkların düzenlenmesi gerekmektedir [12].

Yapılan çalışmalar neticesinde, Türkiye'nin de su sıkıntısı yaşayacağı düşünülmektedir. Yakın zamanda su sıkıntısı yaşayacak ülkeler arasında Türkiye 27. sırada bulunmaktadır. Su sıkıntısı yaşanacağı düşünülen ülkeler Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Su sıkıntısı ile karşı karşıya kalan ülkeler [13].

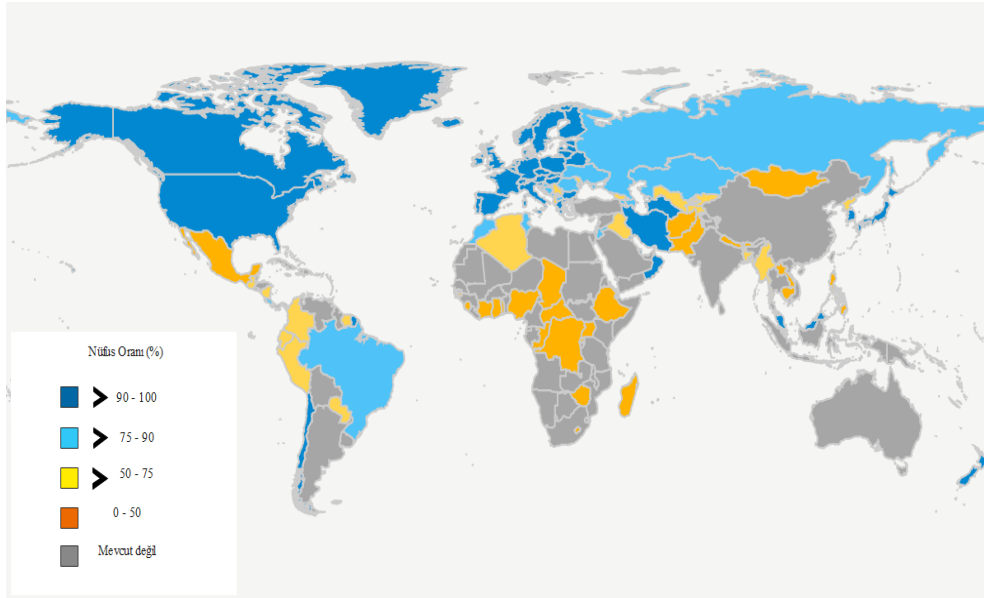
Mevcut su kaynaklarının yetersizliği ve tükenmesi ile alternatif su kaynağı arayışları hızlanmaktadır. Alternatiflerin başında da birçok ülkede kullanılan arıtılmış atıksular bulunmaktadır [14]. Dünya geneli yaklaşık %18 ülke atıksularını arıtarak geri kazanmaktadır. Asya ülkelerinin (Ürdün, İsrail, Bahreyn, Irak, İran, Katar, Lübnan) yaklaşık %35’i, Afrika ülkelerinin (Mısır, Tunus, Cezayir, Güney Afrika, Libya) %13’ü, Avrupa ülkelerinin (Yunanistan, İtalya, Belçika, Fransa) %8’i, Amerika ülkelerinin (Meksika, Arjantin, Şili, Brezilya) %12,12’si atıksularını arıtarak geri kazanmaktadır. Dünya Sağlık Örgütüne göre atıksuların yeniden kullanılmasının itici güçleri arasında; a) var olan suyun azlığı, b) atıksu ve gri suyun kaynak öneminin olması, c) nüfusun artışı, d) arıtımı doğru yapılamayan atıksu bertarafından kaynaklı çevre kirliliği gibi nedenler tespit edilmiştir [2, p. 2]. Suyun bir sorun halinden çıkarılması için su yönetimi planları geliştirilip kullanılması gerekmektedir. Tatlı su kaynakları üzerindeki baskı ancak atıksuların arıtılıp içme suyu dışındaki çeşitli alanlarda kullanımı ile azaltılır [15], [16].

II. MEVCUT SU DURUMU

A. DÜNYADA MEVCUT SU DURUMU

Yerkürenin büyük bir kısmı, yaklaşık olarak %75'i sular ile kaplı olmasına rağmen yalnızca %3'ü içilebilir su formundadır. Var olan içilebilir sulara ise erişim kolay olmamaktadır. Dünyada toplam 1,4 milyar kilometreküp su bulunmaktadır. Bu suların %97,5'i tuzlu sulardır. Toplam suyun sadece %2,5'i insan kullanımına uygun tatlı su olarak nehir ve göllerde yer almaktadır. Az olan bu tatlı su kaynaklarının %90'ı kutuplarda ve yer altında bulunuyor. Dünyada her 10 kişiden yaklaşık 1'i temiz suya ulaşabiliyorken, nüfusun büyük çoğunluğu temiz sulara ulaşmadan yaşamaktadırlar. Dünya genelindeki insanlar yılda %42'lik bir oranla kısıtlı ve kirli olan su kaynaklı hastalıklardan ölmektedir. Bu bağlamda nüfusun çoğunlukta olduğu yerler su sıkıntısı ile mücadele etmekte, tatlı ve içilebilir suya olan ihtiyaç 64 milyar m³ artmaktadır [17]. Dünya nüfusunun %72'si iyi kalitede suya sahiptir. Bu nüfusun %74'ü güvenli bir şekilde yönetilen içme suyu hizmetini kullanabilmekte, %54'ü sanitasyon hizmeti kullanabilmekte, %56'sı ise evsel atıksularını arıtılabilmektedir [18]. Güvenli bir şekilde yönetilen içme suyu hizmetlerini kullanan nüfusun oranı Şekil 3'de gösterilmektedir. Dünya genelinde sürekli artan sürdürülemez su talebini karşılamak, çağımızın en büyük sorunlarından biri olmuştur ve olmaya devam edecektir [19]. Dünya mevcut su kaynağı yıllık 43,750 km³ olarak düşünülmekte ve bu kaynağın %15.5 Avrupa, %45 Amerika, %9 Afrika ve %28'i Asya'da bulunmaktadır. Yıllık kişi başına su miktarı Asya'da 9.300 m³, Amerika'da 24.000 m³, Afrika'da 3.400 m³, Avrupa'da 5,000 m³ seviyesindedir [20].

Dünya yüzeyine yağış kaynaklı yaklaşık olarak yılda 100.000 km³ su düşmektedir. Bu suyun yaklaşık 40.000 km³'ü nehirler aracılığıyla göllere ve denizlere ulaşmaktadır. Bu suların ekonomik ve teknik olarak kullanılabilir miktarı ise 9.000 km³'tür. Dünya genelindeki bu suların %74'ü tarımda, %11'i sanayide, %15'i evde kullanılmaktadır. Ekonomik gelişmeler dikkate alındığında 2030 yılında, 4.500 km³ global su gereksiniminin 6.900 km³'e artacağı ön görülmektedir. Ön görülen bu su miktarı mevcut güvenilir ve ulaşılabilir su miktarının %40'ı üzerindedir [1]. Ülke bazında yenilenebilir su miktarı bakımından 8.233 m³ ile Brezilya birinci, 4508 m³ ile Rusya ikinci, 3.069 m³ ile ABD üçüncü sırada yer almaktadır. Türkiye ise 211.6 m³ ile 42. sırada yer almaktadır [21]. Avrupa ülkeleri arasında ise en yüksek kişi başı yenilenebilir tatlı su kaynağı ülke sıralamasında Hırvatistan 29.200 m³ ile birinci, Finlandiya 19.900 m³ ile ikinci, İsveç 18.900 m³ ile üçüncü sırada yer almaktadır [22].



Şekil 3. Güvenilebilir su kalitesi iyi olan su kütlelerinin oranı [24].

2025 yılında evsel su kullanımının 1.8, endüstriyel su kullanımının 1.5, tarımsal su kullanımının 1.3 kat artması beklenmektedir. Bu artışın toplamda %50'sinin gelişmekte olan ülkelerde %18'nin ise gelişmiş olan ülkelerde olması öngörülmektedir [24]. UNESCO'ya göre, 2 milyar insan su sıkıntısı yaşayacak ülkelerde ikamet etmektedirler. Çin ile Hindistan'da ikamet edenler daima su kıtlığı yaşarken Yemen,

Suudi Arabistan, Libya, Pakistan ve Somali'de bulunan popülasyonun çoğunluğu yıl boyunca şiddetli su stresiyle karşı karşıyadır [25].

Luo vd. [24] yapılan çalışmada; 2010 yılı baz alınarak 30 yıl sonra yaşanacak su stresi uyarlamasında Türkiye 27. sırada su sıkıntısı çeken ülke konumunda iken İsrail, Filistin, Katar gibi ülkelerde tüm sektörlerde en çok su stresi yaşayacak ülke konumundadır [24].

328 ülke-havza biriminde yaşayan yaklaşık 1.6 milyar insan, yılda en az bir ay boyunca ciddi bir su kıtlığı krizine maruz kalmaktadırlar. Ayrıca, 175 ülke havzasında yaşayan insanlar yılda 3 ila 12 ay su kıtlığından mustarıptirler [27], [28]. 20. yüzyılda su stresi yol haritasını incelemiş olup, su sıkıntısı çekenlerin nüfusunun 1900'lerde 0.24 milyar (nüfusun %14'ü) iken 2000 yılında 3.8 milyara (nüfusun %58'i) yükseldiği ortaya konmuştur [28]. Nijerya'nın Kuzeybatı ve Kuzeydoğu bölgelerindeki evlerin %78'inin içme suyu temini için korumasız kuyulara dayandığını ortaya koymuştur [29]. Ayrıca, yüksek su tedarik maliyeti nedeniyle, Nijerya Yenogoa'da da içme suyuna erişimin düşük olmasına yol açmıştır [30]. Omole [31], devlet kurumları tarafından yetersiz su tedariki nedeniyle Nijerya'da 162.5 milyondan fazla insanın günlük su ihtiyaçları için gelişigüzel yeraltı suyu çıkarılmasına yol açtığını ortaya koymuştur [31].

Su Çerçeve Direktifi (SÇD) 1991 tarihli AB Konseyi Direktifi önemli olan bir girişimdir [32]. 1991 yılında yayınlanan SÇD'ye göre 1991 ile 2025 yılları arasında, arıtılmış belediye atıksularının yeniden ve doğrudan kullanımında Avrupa'nın ikiye katlanması veya gelecekte artması beklenmektedir. Günümüzde atıksuyun yeniden kullanımı bir peri masalı değildir. İsviçre, Avustralya, Singapur, Güney Afrika, Tunus ve Kıbrıs gibi dünyanın dört bir yanındaki ülkeler atıksu yeniden kullanım projelerini en başarılı bir şekilde yürütmektedirler [33], [34]. İsrail, Suudi Arabistan, Katar ve Kuveyt gibi orta doğudaki birçok ülke kişi başı temel su taleplerinin karşılanması için atıksu yeniden kullanım tesislerini kurmaya yönelmiştir. Ve bu ülkeler arasındaki Suudi Arabistan atık suyunun %83'ünü arıtmaktadır [35]. Ancak Türkiye, İtalya, İspanya, Yunanistan, Kıbrıs gibi Akdeniz çevresindeki bazı ülkeler tatlı su sıkıntısı ve aynı zamanda yeniden kullanım uygulamasında zorluklar yaşamaktadır [36].

B. TÜRKİYEDE MEVCUR SU DURUMU

Türkiye coğrafi çeşitliliğe, farklı özellikteki yağış rejimlerine ve iklim tiplerine sahip bir ülkedir. Türkiye bilinenin aksine tatlı su kaynakları bakımından zengin bir ülke konumuna sahip değildir. Türkiye'nin su politikası mevcut su potansiyeli ile doğrudan ilişkili olup orta risk grubunda su stresi çeken bir ülke konumundadır [37]–[39].

Türkiye'deki toplam su miktarı Tablo 1'de gösterilmektedir. Ilıman-subtropikal iklim özelliğine sahip olan ülkemiz iklim özelliklerine bağlı olarak rüzgar, sıcaklık ve yağışlar farklılıklar gösterir [38]. Türkiye nüfusu 84,680.273 kişiye ulaşmış ve kişi başı kullanılabilir yıllık su miktarı 2000 yılında 1652 m³, 2009 yılında 1544 m³, 2020 yılında ise 1346 m³ olmuştur [40]. Su kıtlığı yaşayabilecek ülkeler arasında Türkiye'de bulunmaktadır. 2040 yılında Türkiye nüfusunun artarak 100 milyona ulaşacağını ve bu zaman diliminde kişi başın kullanılabilir su miktarının 1120 m³ olacağı öngörülmektedir. Nüfus ile kişi başı kullanılabilir su miktarı arasında doğrudan bir ilişki olup kaynaklarımızın sürdürülebilir biçimde yönetmek ülkenin tüm sektörlerine (kamu-özel) ait milli bir meseledir [41].

Tablo 1. Toplam su miktarı potansiyeli [42].

Yıllık ortalama yağış	643	mm/yıl
Türkiye'nin yüzölçümü	783.562	km ²
Yıllık kullanılabilir su miktarı	501	milyar m ³
Atmosfere geri dönen	274	milyar m ³
Yıllık yüzey akışı	158	milyar m ³
Yeraltı suyu beslenme	69	milyar m ³
Yıllık çekilebilir su miktarı	28	milyar m ³

Komşu ülkelerden gelen su	7	milyar m ³
Yerüstü su potansiyeli	193	milyar m ³
Yenilenebilir su potansiyeli	234	milyar m ³

İklim değişikliği ve havzalardaki su potansiyeli arasındaki bağlantıyı ortaya koymak amacıyla yapılan çalışmalarda 2050 yılına kadar Konya Havzası'nda %70, Akdeniz Bölgesi Havza'larında %37, Fırat-Dicle Havzası'nda %10'lara kadar su miktarlarında azalmalar olacağı öngörülmektedir [43] Türkiye'de yağışlardan kaynaklı baraj doluluk oranları Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2. Barajlar doluluk oranları [44].

Havza Adı	Baraj	14.01.2022		29.03.2022		21.10.2022		Kaynak
		Yüz Ölçümü (km ²)	Aktif Doluluk	Aktif Doluluk	Aktif Doluluk	Aktif Doluluk		
Kızılırmak	HİRFANLI	263	19,8	17,0	-			
Kızılırmak	ALTINKAYA	118	24,4	33,4	44,3			
Yeşilirmak	KILIÇKAYA	64	17,3	12,4	44,1			
Sakarya	SARIYAR	83	52,3	59,4	60,6			
Antalya	KARACAÖREN I	45	7,7	46,8	25,3			[44]
Antalya	KARACAÖREN II		61,2	78,4	48,3			
Gediz	DEMİRKÖPRÜ	47	-	3,0	-			
Ceyhan	ASLANTAŞ	49	29,6	51,3	17,1			
Ceyhan	MENZELET	42	45,2	75,1	51,0			

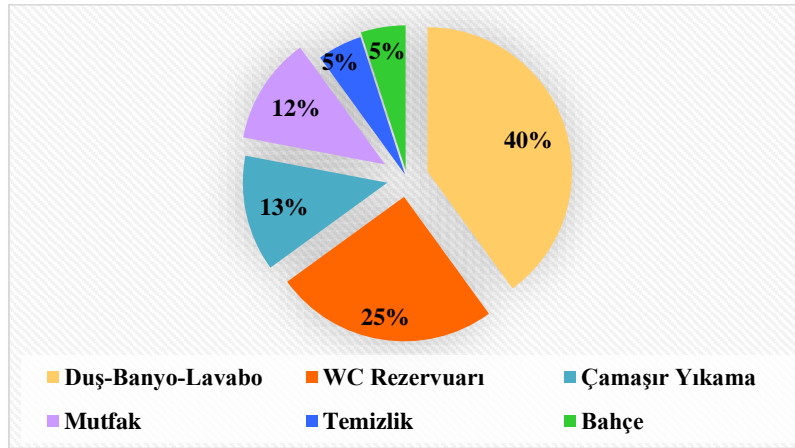
Su tüketiminde artış görülen, az yağışlı bir dönemden geçen Türkiye'de su sağlayan barajların yüzde 72'si boş durumda ve barajların doluluk oranları ise son 10 yılın en düşük seviyesindedir [42]. Bu bağlamda su kaynaklarının mevcut durumunu korumak ve gelecekte meydana gelmesi öngörülen su kıtlığına karşı alternatif su kaynaklarını araştırmak büyük önem arz etmektedir.

III. ATIKSUYUN GERİ KAZANIMI VE YENİDEN KULLANILMASININ ÖNEMİ

Su, herhangi bir toplumun sosyo-ekonomik ve endüstriyel gelişimini teşvik etmek için en önemli kaynaklardan biridir. Su kaynaklarının az olmasından dolayı kurak ve yarı kurak bölgelerde su daha da dikkat çekici bir hal almaktadır. Örneğin, tarım, hayvancılık ve sanayi türü doğrudan suyun mevcudiyetine bağlıdır [45]. Su, özellikle şu anda su kıtlığı yaşayan Akdeniz ülkeleri için sınırlı bir kaynaktır ve önümüzdeki yıllarda artan su talebi ve iklim değişikliği ile daha da kötüleşecektir [46]. Uluslararası hükümet kuruluşları, su kaynakları üzerindeki artan baskılara yüzey suyu ve yeraltı suyu kaynaklarından çıkarımı sınırlandırarak, arıtılmış atıksuyun su kaynaklarına deşarjını azaltarak ve kentsel atıksu için birden fazla kullanım yoluyla su tasarrufunu teşvik ederek yanıt vermiştir [47]. Mevcut su kaynaklarının tahribatını önlemek için arıtılmış atıksuların geri kazanımı ve yeniden kullanımı gündeme gelmiştir. İklim değişikliğinin etkisi altında, alternatif su kaynağı gibi suyun geri dönüşümü bir seçenek değil, bir gereklilik olarak görülmelidir. Türkiye, tatlı su kaynaklarını korumak için atıksu yeniden kullanımında ülkeler arasında gelecek vaat eden bir konumdadır. Bu bağlamda su yeniden kullanımı giderek artan ve önem kazanan bir konu haline gelmiştir. Fakat bazı faktörler büyük ölçüde engel teşkil etmektedir. Bunlar; kentsel yaşamın hızlı adaptasyonu, atıksu yeniden kullanım programları için yönergelerin yetersiz kalması, yapılan projelerin yavaş ilerlemesi, geri kazanılan suyun sınırlı ticari gelişimi, kamu bilinci eksikliği ve insanlarda farkındalığın oluşturulamamasıdır [35]. Su sonu olmayan bir kaynak olarak bilinmektedir ancak miktar ve kalitesinde düşüş olduğu zaman yeni bir

kaynak bulmak sorunlara yol açmakta ve buna karşın alternatif su kaynaklarının kullanımı önerilmektedir. Alternatifler arasında arıtılmış atıksuların kullanımı bulunmaktadır [48].

Su miktarlarına dikkat edildiğinde, tarımsal ve endüstriyel su kullanımı oranı yüksektir. Bu sebeple oluşan atıksuların yeniden kullanılabilmesi ve deniz sularının arıtılıp içme suyu olarak kullanılabilmesi fikri oluşmuştur. Evsel atıksu fosfor-azot içerdiği için gübre özelliği bulunmakta ve ürün gelişimine destek vermektedir. Bu durumlar dikkate alındığında ön arıtımı sağlanan atıksu yeniden kullanılabilir bir hale getirilip, ileri arıtım yöntemleri ile sulama suyu olarak tekrardan kullanımı sağlanabilir [49]. Şekil 3'te günlük su tüketim oranları gösterilmektedir.



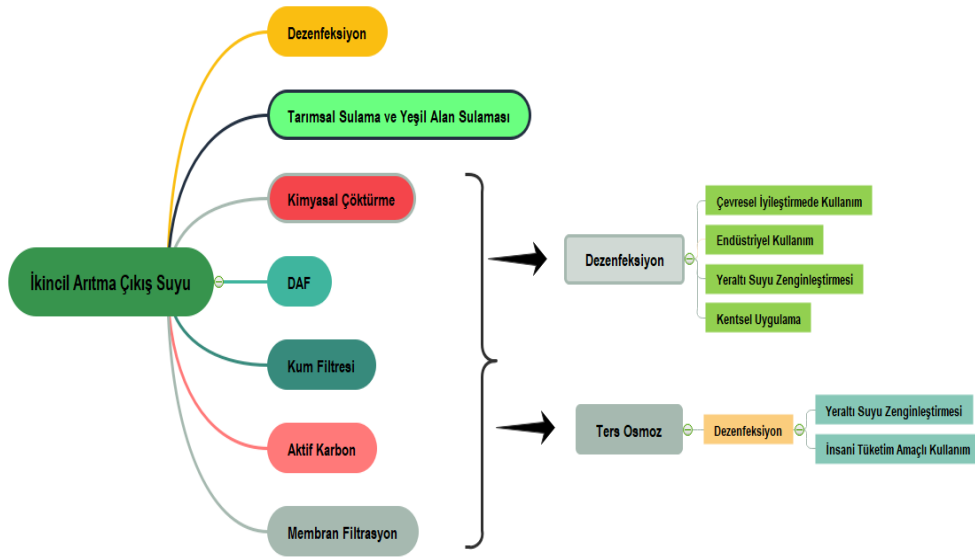
Şekil 4. Günlük su tüketim oranları [50].

Su temini, hızla artan su baskısı, doğa olaylarının olumsuz sonuçları ve iklim değişikliği yaşanan dünya çapında kaygılar arasında bulunmaktadır. Küresel ölçekte özellikle su kıtlığı çeken ülkelerde tarımsal sulama için su, daha önemli bir eleman olmaktadır [16].

Tüm bunlara baktığımız zaman alternatif bir su kaynağı olarak suyun geri dönüşümü bir seçenek değil, bir gereklilik olarak görülmelidir. Fakat bazı faktörler büyük ölçüde engel teşkil etmektedir. Bunlar; kentsel yaşamın hızlı adaptasyonu, atıksu yeniden kullanım programları için yönergelerin yetersiz kalması, yapılan projelerin yavaş ilerlemesi, geri kazanılan suyun sınırlı ticari gelişimi ve kamu bilinci eksikliği, insanlarda farkındalığın oluşturulamamasıdır. Bu engellerin aşılması için planlama, entegre yönetimi, yeniden kullanım ve geri dönüşüm için projeler geliştirme ve en önemlisi bilim insanlarının ve yöneticilerin bu önemli konuya dikkat etmeleri gerekmektedir [35].

IV. ATIKSU GERİ KAZANIM YÖNTEMLERİ

Atıksuların geri kazanılıp yeniden kullanılması amacına bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Kentsel atıksular yeşil alan sulamasında veya tarımsal sulama amacı ile kullanılacak ise iyi bir şekilde dezenfekte edilmesi gerekmektedir. Doğrudan veya dolaylı geri kazanımdan bahsediliyor ise aktif karbon, ileri oksidasyon ve membran teknolojileri gibi ileri arıtma alternatifleri gerekmektedir [35]. Artan su taleplerini karşılayabilmek miktar ve mevcut kaliteyi geliştirmek için büyük bir emek gerekir. Dünya Bankası, atıksuların arıtılıp yeniden kullanılmasının su sorununa bir çözüm olabileceğini önermektedir [51]. Şekil 4'te arıtılmış atıksuların kullanım alanlarına göre uygulanan arıtım yöntemleri gösterilmiştir. Atıksuların arıtım kademeleri ise; birincil arıtma atıksuların fiziksel, mekanik ve/veya kimyasal yöntemler ile arıtılması, ikincil arıtma askıda katı madde ve organik maddenin biyolojik arıtma ile arıtılması, üçüncül arıtma (ileri arıtma) ikincil arıtıma ilave olarak atıksuda bulunan besin maddelerinin de arıtılması yöntemlerine dayanmaktadır. Konvansiyonel filtrasyon prosesleri: Yüzey filtrasyonu, membran filtrasyonu, derin yatak filtrasyonu uygulamaları: ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF), mikrofiltrasyon (MF), ters osmoz (RO), dezenfeksiyon ve ileri oksidasyondur [52].



Şekil 5. Arıtılmış atık suların kullanım alanlarına göre uygulanan arıtım yöntemleri [52].

Son zamanlarda, atıksu arıtımı için membran biyoreaktör (MBR) sistemleri ve elektrokimyasal reaktörler üzerinde araştırma ve geliştirme faaliyetlerine yoğunlaşmıştır. Bununla birlikte, bu reaktörlerin çalışması sırasında hala bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Mevcut zorluklar ise; MBR'de membran kirlenmesi, operasyonel hatalardan ve koşullardan geri dönüşler, elektrokimyasal sistemlerde enerji tüketimi, yüksek maliyet gereksinimi ve basitleştirilmiş modellere duyulan ihtiyaçtır [53].

Alternatifler arasında gri suların (banyo, lavabo, çamaşır ve bulaşık makine suları) kullanılmasına yer verilmektedir [54]. Ayrıca atıksular gibi gri sular da arıtılıp ev içinde (tuvalet, çamaşır, bulaşık makinelerinde) veya bahçe sulamasında da kullanılabilir. Özgüroğlu (2019), bu konuda yapılan çalışmada Fenton metodu olarak adlandırılan oksidasyon sisteminin optimizasyonu sonucu gri suda KOİ ve yüzey aktif madde gideriminde sırasıyla % 75 ve % 99 civarında giderim kaydederek gri suların yeniden kullanılabilirliğini kanıtlamıştır [55].

Yapay sulak alan sistemlerinde yüksek verim sağlamak için belirli şartların (atıksu karakterizasyonu, mevcut arazi durumu, taşkın riski, toprak geçirgenliği, doğru bitki seçimi vb.) sağlanması gerekmektedir. Arıtma verimini artırmak için uygun ön arıtmanın ardından ikincil arıtma uygulanması ile gerçekleştirilebilir [56].

Ma ve ark.[57] tarafından yapılan çalışmada; A²O-MBR proses teknolojisi ile evsel atıksular arıtılıp çeşitli alanlarda (yol yıkama, bahçe sulaması, sifon) kullanılması için bir havuzda tutulmuştur. Sistemden alınan örneklerde 58 organik mikro kirlenici, 13 PAH, 16 fenol, 3 pestisit ve 26 ilaç ve kişisel bakım ürünleri (PPCP) tespit edilmiştir. A²O prosesinde PAH [benzo(b)fluoranthene] dışındaki kirlenicilerin giderimi sağlanırken MBR prosesinde ise PAH giderimi (% 14,81) sağlanmıştır A²O-MBR proses uygulanması sonucu, pestisitler ve fenoller yüksek verimlilikle (>%80) giderimi sağlanırken, PPCP'lerin giderimi orta düzeydedir (%56,85). Genel olarak, pestisitler ve fenoller biyokimyasal arıtımla giderilirken, PPCP'lerin gideriminde peyzaj gölünün ekolojik ortamı etkili bir rol oynar [57].

Semreen ve ark.[58], “Biyolojik Arıtma + Hızlı Kum Filtrasyonu + UV Dezenfeksiyon Sistemi” ile Sharjah atıksu arıtma tesisi giriş ve çıkış su numunelerinde, ilaç oluşum ve konsantrasyonları değerlendirilmek üzere çalışma yapılmıştır. İncelenen tesiste arıtım sonrası farmasötik giderim verimleri %31-96 arasında değişmektedir [58].

Zhou ve ark.[59], Dört basit gelişmiş oksidasyon işlemi [heterojen fotokatalitik oksidasyon, sonolisis, ozonlama (O₃) ve H₂O₂ oksidasyonu] ve bunların kombinasyonları, ters osmoz (RO) prosesi ile belediye atıksu arıtma tesisi konsantresi içindeki organiklerin giderimi laboratuvar ölçeğinde incelenmiştir. Arıtım yöntemi ile en yüksek verim (%95), 6 saat sürede FeCl₃ koagülasyon + fotokataliz (UVC/TiO₂) entegrasyonu ile sağlanmıştır [59].

Atıksuyun geri kazanımı için geri kazanılan suyun kullanılacağı alan da göz önünde bulundurularak su kullanımı için miktar ve ihtiyaç tahmini, geri kazanım ihtiyaç ve amacı, alternatiflerin tanımlanması ve uygun alternatiflerin seçilmesi, karar verilmesi, finansal fizibilite ve projenin uygulanması kullanım amacına göre en ekonomik ve istenen sonuca götüren yöntem belirlenir [52].

V. ATIKSULARIN YENİDEN KULLANIMI VE GERİ KAZANIMI İLE İLGİLİ YAPILAN BAZI ÇALIŞMALAR

Atıksuların tekrar kullanılmasına ait ilk adım, 1940 yılında ABD’de çelik endüstrisinde klorlu evsel atıksu kullanılarak yapılmıştır. 20. Yüzyılın son çeyreğine kadar ilk olarak Avrupa ve Amerika gibi sanayileşmiş ülkelerde suyun tekrardan kullanımı gündeme gelmiştir. 1951 Japonya, Tokyo Mikawashima Atıksu Arıtma Tesisinde arıtılan atıksu, bir kağıt fabrikası için proses suyu olarak tekrardan kullanılması için bir geri dönüşüm programı başlatılmıştır [60].

Avustralya, Kuzey ve Güney Afrika, Orta Doğu, Kuzey Akdeniz ülkeleri, Çin’in bir bölümü ve ABD’de atıksuların tarımda tekrar kullanılması konvansiyonel bir uygulama olup su kaynaklarının yönetimi için önemlidir. Bu atıksuların yeniden kullanılması ile toplam su taleplerinin % 10-40’ını sulama suyu taleplerinin de % 30-70’ini karşılamaktadır [61].

Türkiye’de atıksu arıtımı ve yeniden kullanımı ile ilgili faaliyetler ilk olarak Avrupa-Akdeniz ortaklığı tarafından finanse edilen MEDAWARE Projesi ve daha özel olarak Yerel Su Yönetimi Bölgesel Programı tarafından açıklanmıştır [62], [63]. Bu projede 5. Görev kapsamında farklı üniversiteler ve araştırma enstitülerinin işbirliği ile Türkiye’de bulunan tüm kullanılabilir atıksu arıtma tesisleri kontrol edilmiştir, ülke çapında ayrıntılı araştırmalar yapılmış ve bunların güçlü ve zayıf yönleri raporda yer verilmiştir [64], [65]. Rapor bulguları özellikle atıksu arıtma tesislerinden çıkan düşük kaliteli atıksuların tarım için kullanılabilir bazı tesisler dışında yeniden kullanım için uygun olmadığını açıkça göstermiştir [62], [64]. Türkiye’deki kötü su kalitesi ve su kaynaklarının dengesiz dağılımı, Türkiye nüfusunun çoğunu içme amaçlı şişelenmiş su tüketimine zorlamıştır. Bu nedenle, atıksuyun yeniden kullanımını teşvik etmek ve geri kazanılan suyun ülke çapındaki su kaynakları yönetim planının kilit bir unsuru haline gelmesi için hükümet ve özel sektörün yardımıyla iddialı planlara hızlı bir şekilde ihtiyaç vardır. Türkiye, hedeflenen nüfusa bağlı olarak büyük şehirlerinin hemen hemen tamamında atıksu arıtma tesislerine sahiptir, ancak şehirlerin çoğunda ikincil arıtmanın ötesinde atıksu arıtımı ve yeniden kullanım için boru hattı ağlarının kurulması gerekmektedir [43]. Modern teknolojilerin yardımıyla daha bilinçli ve sürdürülebilir atıksu yeniden kullanımının uygulanmasını teşvik etmeyi, paydaşların suyun yeniden kullanım operasyonlarının tüm süreçlerine ilgisini ve entegre edilmesini önermiştir [66].

A. GERİ KAZANILMIŞ ATIKSULARIN SULAMA SUYU OLARAK KULLANIMI

Arıtılmış atıksuların gıda ürünlerinde kullanımı söz konusu olduğunda özel önlemler alınmalıdır. Geri kazanılan su, en azından ikincil arıtmadan geçen atıksu olarak tanımlanmalıdır. Arıtılan bu atıksular okul bahçeleri, spor alanları, park ve rekreasyon alanları, oyun alanları, otoyol kenarları, yeşil alan sulanması, araç yıkama, golf sahalarının sulanması, yangın söndürme ve inşaat sektöründe(kontrollü olarak yıkımı yapılan binalar vb.), çevre koşullarının iyileştirilmesinde kullanılabilir [67].

Ülkemizde arıtılmış atıksuların sulama suyu olarak kullanılması Tablo 3’de verilmiştir [52]. Türkiye’de su kaynaklarının büyük bir bölümü tarım sektöründe kullanılmakta olup 28 milyon ha tarım alanında sadece 5,6 milyon ha alanda bu su kullanılmaktadır. Bakanlık tarafından “Arıtılmış Atıksuların Yeniden

Kullanımı” projesi kapsamında 2017 yılında 15 kentsel/evsel atıksu arıtma tesisi geri kazanım oranı %1,2 ve bu tesislerden sağlanan yeniden kullanım suyu %0,78 olarak belirlenmiştir [16].

Tablo 3. Arıtılmış Atıksuların Sulama Suyu Olarak Geri Kullanım Kriterleri.

Sınıf	Kullanım Alanları	pH	BOI5	Bulanıklık	Fekal Koliform Oranı	Virüs-Protozoa-Helmint	Bakiye klor
A	-Park, bahçe, kentsel alanların sulanması -Ticari olarak işlenmeyen gıda ürünleri	6-9	<20 mg/L	<2 NTU	0ad/100 mL	Günlük Ölçüm	<1 mg/L
B	-Otlak hayvanları için mera ve saman yetiştiriciliği -Halk girişinin kısıtlı olduğu yerler - Gıda ürünleri (meyve bahçeleri ve üzüm bağları)	6-9	<30 mg/L	<2 NTU	200 ad/100 mL	Günlük Ölçüm	<1 mg/L

Bayrakdar vd. [68] tarafından yapılan çalışmada, sulamada yeniden kullanım için Fenton benzeri oksidasyon ve adsorpsiyon prosesleri ile tekstil atık suyunun arıtılması ve Türkiye’de minimum sulama standartlarına ulaşmak için optimum koşulları araştırmıştır. Arıtılmış atıksuyun bir sulama suyu olarak, tarımsal atığın adsorban olarak ve katalizör için destek malzemesi olarak değerlendirilmesi bu çalışmada vurgulanmıştır. Hibrit sürecin uygulanması, önerilen yöntemin gerçek tekstil atık sularının arıtılması için etkili bir şekilde uygulanabileceğini göstermiştir [68].

Moretti vd. [69], tarafından yapılan çalışmada, arıtılmış belediye atıksuları ve yüzey suyu kullanarak nektarin bahçeleri sulamasının saha deneysel verilerine dayanan çevresel performansı incelenmiştir. Bu çalışma belediye atıksularının tarımda yeniden kullanımının potansiyel çevresel sonuçlarının daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmuştur. Ayrıca bu çalışma, suyun yeniden kullanımı uygulamalarının yaşam döngüsü analizi için fikir birliği ve standartlaştırılmış kılavuz geliştirme ihtiyacını ortaya koymaktadır [69].

Lahlou vd. [70], tarafından yapılan çalışmada, sürdürülebilir kalkınmanın bir parçası olan çiftçilerin çevreyi, ekonomiyi ve toplumu dengeleyen alternatif kaynakları benimsemek zorunda kalacağını vurgulanmıştır. Bu çalışmada sürdürülebilirlik, sosyal, çevresel ve ekonomik boyutlara dayalı atıksuyun hayvan yemi yetiştiriciliğinde yeniden kullanımını araştıran tüm çalışmaları bir araya getirmektedir [70].

B. GERİ KAZANILMIŞ ATIKSULARIN TARIMSAL SULAMADA KULLANIMI

Tarımda atıksuyun yeniden kullanımı, özellikle tarım için giderek artan tatlı su kirliliği ve talebi ile başa çıkmak için ekonomik ve çevresel olarak sağlıklı su kaynakları yönetimi tekniği olarak dünya çapında önemli bir ilgi görmektedir. Tarımsal sulama, 2030 yılına kadar % 15 ek geri çekilme ile küresel tatlı su arzının yaklaşık % 70’ini oluşturan ve küresel suyu daha da yoğunlaştıracak olan su tüketimi derecelendirmesinde özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde kıtlık krizleri en üst sırada yer almaktadır [71]–[74]. Bununla birlikte, gıda ürünlerine yönelik artan talep ve su kaynakları konusunda ortaya çıkan rekabet, tarım sektörünün sürdürülebilirliğini ve dayanıklılığını tehdit etmektedir ve araştırmacıları CO₂, gübreleme gibi tarımsal sistemlerde su kullanımını optimize etmek için yeni teknikler araştırmaya yönlendirmiştir[87]-[78]. Ayrıca, mevcut küresel gübre üretim kapasitesi, son 50 yılda altı kat artan talebi karşılayamamakta ve ekime ayrılmış arazilerle birlikte genişlemeye devam etmektedir [77]. Bu nedenle hükümetler, sürdürülebilir kalkınma içerisinde sosyal, ekonomik ve çevresel hedefleri karşılayan alternatif sürdürülebilir su kaynaklarını benimsemek zorunda kalacaklardır. Atıksuyun tarımsal faaliyetler için yeniden kullanılması, su kaynakları ve geleneksel gübreleme üzerindeki baskıyı

hafifletmek için bir fırsattır. Arıtılmış atıksu gübrelemesine geçiş, sürdürülebilir mahsul üretimine ulaşmaya yönelik bir adımı temsil ederken, yalnızca su sektöründeki değil, aynı zamanda enerji ve gıda sektörlerindeki stresi de hafifletir çünkü yeniden kullanım, ticari gübrelere ve konvansiyonel gübrelere olan talebi azaltmak için bir fırsattır. Aslında, seyreltilmiş veya arıtılmış atıksu, geleneksel su kaynaklarına kıyasla daha yüksek bir besin konsantrasyonuna sahiptir. Arıtılmış atıksu gübrelemesini kullanarak gübreleme ihtiyacını karşılamak her zaman mümkün olmasa da, uygulama ticari gübre talebinin en azından bir kısmını ikame edebilir [78].

Kardeş vd. [80], tarafından yapılan çalışmada, 4 farklı atıksu konsantrasyonlarının, 3 farklı mısır çeşidine etkisi incelenmiştir. Çalışmada arıtılmış evsel atıksu kullanılmıştır. Çalışma sonucunda arıtılmış evsel atıksuyun mısır çeşitlerinde çimlenme yüzdesi üzerine %25, fide gelişimi üzerine %75 teşvik edici bir etki gösterdiği sonucuna varılmıştır. Arıtılmış atıksuların sulamada kullanımı ürün gelişimine katkı sağlarken sulama suyunda bulunan besin elementleri nedeniyle gübre kullanımındaki düşüş yeraltı su kirliliğinde de azalma sağlayacağı düşünülmektedir [80].

Egbuikwem vd. [72], tarafından yapılan çalışmada, yenilebilir mahsullerin (marul ve pancar) sulanması için musluk suyu, karışık atıksu, arıtılmış atıksu ve besin çözültüsü ile karıştırılmış musluk suyu kullanılmıştır. Bitkilerin çimlenmesi ve fenolojik özellikleri hidrofonic bir üniteye dört sulama rejimi altında bitkiler fenolojik parametrelerini ölçme göstergeleri olarak incelenmiştir. Kontrol olarak dört farklı sulama suyu ile 45 gün boyunca karıştırılarak incelenmiştir. Tohum çimlenmesi ve bitki büyümesi deneylerinin sonuçları, karışık atıksuyun tarımda yeniden kullanımı için olumlu bir gösterge olduğu görülmüştür [72].

Kaliforniya'da %48, Florida'da %19 oranında arıtılmış atıksular tarımsal sulamada kullanılmaktadır. Milano, Berlin, Paris, Londra gibi şehirler atıksularını geri kazanarak uzun zamandır tarımda kullanılmaktadır. Su kullanım miktarlarına bakıldığında tarımda (%73) ve endüstride (%11) su kullanım oranına sahiptir. Bu bağlamda oluşan atıksuların yeniden kullanılabilmesi ve deniz sularının arıtılıp içme suyu olarak kullanılabilmesi fikri oluşmuştur. Evsel atıksu fosfor-azot içeriğinden dolayı gübre özelliği bulunmakta ve ürün gelişimine destek vermektedir. Bu durumlar dikkate alındığında ön arıtımı sağlanan atıksu yeniden kullanılabilir bir hale getirilip ileri arıtım yöntemleri ile sulama suyu olarak tekrardan kullanımı sağlanabilir [80].

VI. ARITILMIŞ ATIKSULARIN YENİDEN KULLANIMI İLE İLGİLİ HALKIN GÖRÜŞÜ

Suyun yeniden kullanımı projelerini başarılı kılmak için, kamuoyu, risk analizi, parasal faydaların değerlendirilmesi ve geri dönüştürülmüş suyun çevresel etkilerinin yanı sıra ödeme istekliliği dahil olmak üzere birkaç kilit faktör dikkate alınmalıdır [81]. Bununla birlikte, sosyal faktörler, teknik faktörlere kıyasla daha etkili su yönetiminin ana zorlukları olarak kabul edilmiştir [82]. Geri kazanılmış atıksu için potansiyel pazarın değerlendirilmesi gereklidir, ancak potansiyel kullanıcılar hakkındaki sınırlı bilgi kısmen planlanan ve uygulanan yeniden kullanım arasındaki mevcut boşluğu açıklamaktadır [83].

Birkaç çalışma, arıtılmış atıksuların yeniden kullanımına ilişkin halkın algısını araştırmış ve farklı bulgular ortaya çıkarmıştır. Bu bulgular genellikle çalışma konumuna ve birçok durumda dikkate alınan topluluğun demografik bilgilerine dayanmaktadır. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'nde Garcia-Cuerva vd. [84], tarafından yapılan çalışmada, geri kazanılan atıksuyun yeniden kullanımına yönelik genel bir tiksinden, ülkedeki arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı planlarının kabul edilebilirliğinde karşılaşılan ana zorluk olduğunu ortaya koymuştur. Katılımcıların arıtılmış atıksuyu, gıda mahsullerinin yetiştirilmesi için yeniden kullanmaya istekli olduğunu da ortaya koymuştur [84].

Akpan vd. [86], Nijerya'nın Ogun Eyaletinde yükselen bir kentsel topluluk olan Canaanland'in çeşitli amaçlarla arıtılmış atıksuyun yeniden kullanımına ilişkin algılarını belirlemeyi amaçlayan bir çalışma

gerçekleştirilmiştir. Bulgular, şehrin atıksuyun yeniden kullanımının ekonomik ve çevresel faydalarının farkında olduğunu, ancak sifonlu tuvaletler, elektrik üretimi, bina inşaatı ve araba yıkama gibi daha az insan teması içeren yeniden kullanım planlarını tercih edeceğini ortaya koymuştur. En az tercih edilen seçenek ise içme amaçlı olmuştur. Topluluk ayrıca tıp doktorları, üniversite profesörleri ve uzmanlar tarafından onaylandığı sürece atıksuyun yeniden kullanımını kabul etmeye istekli olacaklarını belirtmişlerdir. Bununla birlikte araştırmaları mali teşviklerin, arıtılmış atıksuyu yeniden kullanma konusundaki genel kamu kararını etkilediğini ortaya koymuştur [85]. İtalya'nın güneydoğu bölgesinde yapılan bir araştırmada, sakinlerin özellikle de çiftçilerin yüksek bir oranı, arıtılmış atıksuyu tarımsal amaçlarla yeniden kullanmaya istekli olduklarını göstermiştir [86]. Tunus ve Ürdün'de yapılan bir algı çalışmasında ise çiftçilerin ve bölge sakinlerinin geri kazanılan atıksuyu gıda ürünlerinde kullanmayı yüksek düzeyde kabul ettiğini göstermiştir [87].

İsrail merkezli bir çalışmada, ankete katılanların yalnızca %49'unun arıtılmış atıksuyun meyve bahçesi sulaması için yeniden kullanılmasını desteklediğini ortaya koymuştur. Ayrıca çalışmada, katılımcıların %95'inin arıtılmış atıksuyun kaldırım sulaması için, %96'sının yangınla mücadele için, %85'inin tuvalet sifonu için ve %62'sinin akiferlerin yeniden doldurulması için yeniden kullanılmasını desteklediğini ortaya koymuştur [88]. Ayrıca, başka bir araştırmadaki katılımcıların yalnızca içilemeyen amaçlarla arıtılmış atıksuların yeniden kullanımını desteklediklerini ortaya koymuştur [89]. Avustralya örneğinde, Dolnicar ve Schäfer [96], sıkı su kısıtlamaları ve ardından medyanın su kıtlığı çözümlerine gösterdiği ilginin eşlik ettiği beş yıllık bir kuraklık döneminin, Avustralyalıları artık arıtılmış atıksuyu bahçe sulama ve temizlik kullanımları için yeniden kullanmaya daha açık hale getirdiğini ortaya koymuştur [90]. Filistin topraklarında Deir Debwan'da, genel su kıtlığı, bölge sakinlerini alternatif su temini için kaynak aramaya zorlamıştır. Abu-Madi vd. [91], tarafından yürütülen bir araştırmada, katılımcıların %87'sinin arıtılmış atıksuyu kullanmaya istekli olduğunu, %85'inin ise arıtılmış atıksuyu ile sulanan ürünleri tüketmeye istekli olduğunu ortaya koymuştur [91]. Filistin bölgesinde tarımsal amaçlı geri dönüştürülmüş atıksuyun yüksek kabul edilebilirliği, bölgedeki sınırlı su kaynaklarının bir göstergesidir. Örneğin, Batı Şeria bölgesindeki su kıtlığı bölge sakinlerini arıtılmış atıksuyu gibi diğer su alternatiflerini benimsemeye ve arıtılmış atıksuyun %70'ini tarımsal üretim için kullanılmasına mecbur kılmaktadır [92].

Büyükkamaci ve Alkan [93], halkın farkındalığını ve Türkiye'de atıksuyu yeniden kullanım uygulamalarının kabul edilme potansiyelini araştırmıştır. Katılımcılar, sağlık riski endişeleri nedeniyle, yakın kişisel temas içermeyen uygulamalar için arıtılmış atıksuyun yeniden kullanılmasının kabul edilebilir olduğunu düşünmüşlerdir. Öte yandan, geri kazanılan suyun maliyeti Türkiye'deki bir diğer önemli kamu sorunu olmaktadır. Yanıt verenlerin çoğu yeniden kullanım alternatiflerine ilişkin olumlu bir anlayışa sahiptir. Bununla birlikte, katılımcıların bir kısmı arıtılmış suyla doğrudan insan teması durumunda, su kullanımına karşı çıkmaktadır. Konserve sebzelerin ve diğer yiyeceklerin hazırlanmasında ve içme amaçlarında geri kazanılmış su kullanımını desteklememişlerdir [93].

VII. SONUÇ

Dünya genelinde nüfus artışı, iklim değişikliği, hızlı kentleşme, sanayileşme gibi faktörlerden dolayı su kaynaklarında ciddi oranda azalmalar görülmüş ve insanlar tarafından tatlı su tüketimi zirveye ulaşmıştır. Tüm bu nedenler alternatif su kaynaklarına olan ihtiyacı ortaya çıkarmıştır ve böylece atıksuların yeniden kullanımı konusu gündeme gelmiştir. Yapılan birçok çalışma arıtılmış atıksuların yeşil alan sulaması, tarımsal sulama ve endüstriyel alanda tekrar kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Ancak arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı konusundaki araştırmalar halen birçok yönüyle eksiktir. Birçok ülke atıksuyu arıtma tesislerine sahiptir ancak arıtılmış atıksuların çoğu yeniden kullanıma uygun değildir. Bu durumda atıksuyu tesislerinin altyapısı düzenlenmeli ve arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı ile ilgili daha geniş kapsamda çalışmalar yapılmalıdır. Arıtılmış atıksuların yeniden kullanımının en büyük engellerinden biri de kamu bilinci eksikliğidir ve suyun yeniden kullanımı uygulamasının başarısı halkın kabulüne bağlıdır. Halkın suya karşı olumsuz tepkisi, su uygulamasında bazı sorunlar yaratmaktadır. Bu nedenle, planlama, yapım ve işletme aşamalarında kamuoyu önemlidir.

Yapılan çalışmalar sonucu göstermiştir ki halkın çoğunluğu arıtılmış atıksuların yakın temaslı yeniden kullanımına olumlu bakmamaktadır. Atıksuların yeniden kullanımı için var olan atıksu arıtma tesislerinin arıtılan atıksuların yeniden kullanılabilceği şekilde revize edilmeli yeni inşa edilecek tesisler de bu doğrultuda inşa edilmelidir. Ayrıca atıksuların yeniden kullanımı konusunda halk bilinçlendirilmelidir.

Dünyada birçok ülke deniz sularını arıtarak yaşanan su yetersizliğini aşmaya çalışmaktadır. Deniz suyu herhangi bir arıtmadan geçirilmeden sanayi tesislerinde, endüstriyel alanlarda, turizm sektöründe, maden çıkarımlarında, taş ve beton yıkamalarında, meskenlerin pisuarlarında kullanılabilir. Deniz suyu arıtılıp temiz su elde edildiği zaman endüstriyel, tarımsal, kentsel ve mekânsal alanlarda kullanılabilir.

Özetle, sürdürülebilirliğin sağlanması için atıksuların yeniden kullanımı önemli bir yer tutmaktadır. Bu konuda yapılacak çalışmalarda herkes üzerine düşen görevi yapmalı, eğitimler ile halkın bilinçlendirilmesi sağlanmalı ve mevzuatlarla gerekirse yaptırımların olması sağlanmalıdır.

Suyun gerçek değeri kaybedilince anlaşılacak ancak biz bu değerli emaneti kaybetmeden korumalı ve gelecek nesillere aktarmalıyız. Var olan sularımız korunmalı, tasarruflu kullanılmalı ve kullanım alanına göre arıtımı yapılarak geri dönüşümü sağlanmalıdır.

VIII. KAYNAKLAR

- [1] M. A. Baran, “Dünyanın mevcut su potansiyeli ve deniz suyu arıtımı,” *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, c. 12, s. 45, ss. 71–84, 2017.
- [2] Ö. Demir, M. Yıldız, Ü. Sercan ve C. Ş. Arzum, “Atıksuların geri kazanılması ve yeniden kullanılması,” *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, c. 2, s. 2, ss. 1–14, 2017.
- [3] I. C. Escobar, “An overview of the global water situation,” In *Sustainability Science and Engineering*, Vol. 2, pp. 3–5, 2010.
- [4] S. Adalı ve M. Yalılı Kılıç, “Arıtılmış atıksuların tarımsal sulamada kullanımı: İznik örneği,” *Uluslararası Biyosistem Mühendisliği Dergisi*, c.1, s. 1, ss. 12–23, 2020.
- [5] Keith Kennedy, "The united nations world water development report 2," UNESCO, London, Paris, Nov. 2006.
- [6] A. Katip, “Arıtılmış atıksuların yeniden kullanım alanlarının değerlendirilmesi,” *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, c. 7, s. 2, ss. 541–557, 2018,
- [7] Bilim ve Aydınlanma Akademisi. (2020, 19 Mayıs). *Su kaynaklarının mevcut durumu*, Kolektif Yaşamı Kurgulama Bilim Alanı Su Politikaları Komisyonu, [Çevrimiçi]. Erişim: <http://bilimveaydinlanma.org/su-kaynaklarinin-mevcut-durumu>.
- [8] Çevre TV. (2022, 10 Ocak). *Tuvaletten lavaboya su döngüsü , atıksular içme suyu olarak kullanılır mı?*, [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.youtube.com/watch?v=jnkxcnpsxok>
- [9] R. Ilgar, “Dünya su yönetimi ve su eğitimi,” *20. Usenix Güvenlik Sempozyumu*, San Francisco, CA, Amerika Birleşik Devletleri, 2011, ss 395–410.
- [10] İnsamer. (2022, 30 Ocak). *Küresel su sorunu* [Çevrimiçi]. Erişim: https://insamer.com/tr/kuresel-su-sorunu_3479.html

- [11] Tarım ve Orman Bakanlığı 1. Su Şurası, Su güvenliği ve atıksu hizmetleri grubu çalışma belgesi, Türkiye, 2021.
- [12] M. Ak and İ. Top, “Use of treated municipal wastewater for agricultural irrigation,” *Pamukkale Univ. J. Eng. Sci.*, Vol. 24, No. 6, Pp. 1161–1168, 2018.
- [13] DHA. (2015, 28 Ağustos). *Türkiye su kıtlığı çekecek ülkeler arasında* [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.hurriyet.com.tr/dunya/turkiye-su-kitligi-cekecek-ulkeler-arasinda-29933101>
- [14] T. Çakmakçı ve Ü. Şahin, “Evaluation of treated wastewater quality in terms of irrigation water within the framework of related legislation : the case of van province,” *Mustafa Kemal University Journal of Agricultural Sciences*, vol. 24, pp. 249–256, 2019.
- [15] F. O. Topaç ve Ö. Ö. Acar, “Paket atıksu arıtma tesisi çıkış sularının sulama suyu olarak kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi,” *Avrupa Bilim ve Teknol. Dergisi*. s. 19, pp. 858–865, 2020.
- [16] S. Arıman ve S. Koyuncu, “Geri kazanılmış atıksuları yeşil alan sulamasında kullanımı,” *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilim. Derg.*, c. 9, s. 1, ss. 48–56, 2020.
- [17] İnsamer. (2021, 23 Nisan). *Su kıtlığı* [Çevrimiçi]. Erişim: https://www.insamer.com/tr/su-kitligi_3928.html
- [18] United Nations. (2022, Mar 08). *Sustainable development goal 6 on water and sanitation (sdg 6)* [Online]. Available: <https://www.sdg6data.org/>.
- [19] F. Dalstein ve A. Naqvi, “21st century water withdrawal decoupling: a pathway to a more water-wise world?,” *Water Resour. Econ.*, vol. 38, p. 100197, 2022.
- [20] Dünya Gazetesi. (2011, 02 Nisan). *Kullanılabilir su kaynaklarına ilişkin dünya ve türkiye gerçekleri* [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.dunya.com/gundem/kullanilabilir-su-kaynaklarina-iliskin-dunya-ve-turkiye-gercekleri-haberi-141922>.
- [21] GZT. (2018, 17 Ekim). *Dünyadaki tatlı su rezervleri: ‘su’ bir savaşın sebebi olabilir mi?* [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.gzt.com/jurnalist/dunyadaki-tatli-su-rezervleri-su-bir-savas-in-sebebi-olabilir-mi-3458472>.
- [22] Eurostat. (2020, May 10). *Environment-Water*. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/water>.
- [23] United Nations. (2022:) *Progress on drinking water (sdg target 6.1)* [Online]. Available: <https://www.sdg6data.org/indicator/6.1.1>.
- [24] Sustainable Development Goals. (2021, Jul 11). *Water and sanitation* [Online]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/water-and-sanitation/>.
- [25] J. Busby, “Water and u.s. national security.council on foreign relations”, Council on Foreign Relations, New York, America, Rep. 18, 2017.
- [26] T. Luo, R.S. Young, P. Reig, “Aqueduct projected water stress country rankings,” World Resources Institute, Washington, DC, Rep. 08, 2015.
- [27] D. M. Degefu, H. Weijun, L. Zaiyi, Y. Liang, H. Zhengwei, And A. Min, “Mapping monthly water scarcity in global transboundary basins at country-basin mesh based spatial resolution,” *Sci. Rep.*, vol. 8, no. 1, pp. 2144, 2018.

- [28] M. Kummu, J. H. A. Guillaume, H. de Moel, S. Eisner, M. Flörke, M. Porkka, S. Siebert, T. I. E. Veldkamp and P. J. Ward “The world’s road to water scarcity: shortage and stress in the 20th century and pathways towards sustainability,” *Sci. Rep.*, vol. 6, no. 1, pp. 38495, 2016.
- [29] N. D. Mu’azu, I. R. Abubakar, And N. I. Blaisi, “Public acceptability of treated wastewater reuse in saudi arabia: implications for water management policy,” *Sci. Total Environ.*, vol. 721, pp. 137659, 2020.
- [30] O. Ohwo and A. Abotutu, “Access to potable water supply in nigerian cities evidence from yenagoa metropolis,” *Am. J. Water Resour.*, vol. 2, no. 2, pp. 31–36, 2014.
- [31] D. O. Omole, “Sustainable groundwater exploitation in nigeria,” *J. Water Resour. Ocean Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 9, 2013.
- [32] R. Hochstrat, T. Wintgens, T. Melin and P. Jeffrey, “Assessing the european wastewater reclamation and reuse potential — a scenario analysis,” *Desalination*, vol. 188, no. 1–3, pp. 1–8, 2006
- [33] M. Salgot, “Water reclamation, recycling and reuse: implementation issues,” *Desalination*, vol. 218, no. 1–3, pp. 190–197, 2008.
- [34] D. Bixio, C. Thoeye, J. De Koning, D. Joksimovic, D. Savic, T. Wintgens, T. Melin, “Wastewater Reuse in Europe,” *Desalination*, vol. 187, no. 1–3, pp. 89–101, 2006,
- [35] B. Maryam and H. Büyükgüngör, “Wastewater reclamation and reuse trends in turkey: opportunities and challenges,” *J. Water Process Eng.*, vol. 30, pp. 100501, 2019.
- [36] B. Kendirli, B. Çakmak, and Z. Gökalp, “Assessment of water quality management in turkey, water international,” *Water Int.*, vol. 30, no. 4, pp. 446–455, 2005
- [37] B. Sarımehtetoğlu, “Su güvenliği,” *Erciyes Üniversitesi Vet. Fakültesi Dergisi.*, c. 13, s. 3, ss. 141–146, 2019.
- [38] DSİ. “Faaliyet raporu,” T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Türkiye, Rap. 2012.
- [39] M. Karataş ve S. Çevik, “Stratejik doğal kaynak olarak su ve türkiye’nin konumunun değerlendirilmesi,” *Akademik Araştırmalar Dergisi*, c. 45, s. 12, ss. 1–29, 2010.
- [40] DSİ. (2022, 14 Aralık). *2022 Yılı resmi su kaynakları istatistikleri* [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.dsi.gov.tr/sayfa/detay/754>.
- [41] T.C. Tarım Ve Orman Bakanlığı. (2019). *Ulusal Su planı* [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.tarimorman.gov.tr/sygm/belgeler/nhyp%20deniz/ulusal%20su%20planı.pdf>
- [42] M. Ay, Ö. Kişi, “Türkiye’deki yüzey sularının durumu ve kalitesi,” *5. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 2011, ss. 418-428.
- [43] Ö. L. Şen, “Türkiye’de iklim değişikliğinin bütünsel resmi,” *II. Türkiye iklim değişikliği kongresi*, İstanbul, Türkiye, 2013, ss. 1-7.
- [44] Epiaş Şeffaflık Platformu. (2022, 20 Nisan). *Aktif doluluk* [Çevrimiçi]. Erişim: <https://seffalik.epias.com.tr/transparency/>.
- [45] X. Li, C. Liu, W. Yin, T. H. Chong and R. Wang, “Design and development of layer-by-layer

based low-pressure antifouling nanofiltration membrane used for water reclamation,” *J. Memb. Sci.*, vol. 584, pp. 309–323, 2019,

[46] G. Mancuso, S. Lavrnić and A. Toscano, “Reclaimed water to face agricultural water scarcity in the mediterranean area: an overview using sustainable development goals preliminary data,” vol. 5, 2020, pp. 113–143.

[47] Ec, “European commission. regulation (ec) no 2020/741 of the european parliament and of the council of 25 may 2020 on minimum requirements for water reuse, ” The Official Journal Of The European Union L, vol. 177, no. 63, pp. 32–55, 2020.

[48] B. Züleyha and A. Aysun, “Evsel Nitelikli Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sularının Tarımsal Sulamada Kullanılabilirliği,” *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Dergisi*, c. 7, s. 4, ss. 69–75, 2017.

[49] F. İlhan, “Geleceğin dünyasında membran prosesler ve su / atıksu arıtımında kullanımı,” *Geleceğin Dünyasında Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar 2020 Doğa Bilimleri Ve Ziraat*, 1. Baskı Ekin Yayınevi, Bursa, Türkiye, ss.37-55, 2020

[50] G. E. Üstün, T. Can, G. Küçük, “Binalarda yağmur suyu hasadı,” *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, c. 25, ss. 1593-1610, 2020.

[51] A. Pekşen, “Dünyadaki su kıtlığına çözüm: atık suların güvenli arıtımı ve kullanılması mümkündür,” *Su ve Çevre Teknolojileri Dergisi*, c. 142, ss.48-55. 2015.

[52] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2014, Eylül 24-25). Türkiye’de atıksu yönetimi [Çevrimiçi]. Erişim: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/tay/webmenu/webmenu13378.pdf>

[53] A. Giwa, A. Dindi and J. Kujawa, “Membrane bioreactors and electrochemical processes for treatment of wastewaters containing heavy metal ions, organics, micropollutants and dyes: recent developments,” *J. Hazard. Mater.*, vol. 370, pp. 172–195, 2019.

[54] M. Y. Kılıç, “Atıksuların arıtımı ve yeniden kullanımında halkın görüşü: bursa örneği araştırması,” *Doğal Afetler Ve Çevre Derg.*, vol. 90, no. 224, pp. 123–132, 2018.

[55] G. Özgüroğlu, “Gri suyun fenton prosesi ile arıtımı,” Yüksek Lisans, Çevre Mühendisliği Bölümü, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Nevşehir, Türkiye, 2019.

[56] Z. Ş. Ayas, M. Türkmenoğlu ve A. Aşan, “Atıksuların yeniden kazanımında, yapay sulak alanların önemi ve işletme problemleri,” *13. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi*, Van, Türkiye,2018, ss.7491-7498

[57] X. Y. Ma, Q. Li, X. C. Wang, Y. Wang, D. Wang and H. H. Ngo, “Micropollutants removal and health risk reduction in a water reclamation and ecological reuse system,” *Water Res.*, vol. 138, pp. 272–281, 2018.

[58] M. Semreen, A. Shanableh, L. Semerjian, H. Alniss, M. Mousa, X. Bai and Kumud Acharya “Simultaneous determination of pharmaceuticals by solid-phase extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry: a case study from sharjah sewage treatment plant,” *Molecules*, vol. 24, no. 3, pp. 633, 2019.

[59] T. Zhou, T.-T. Lim, S.-S. Chin and A. G. Fane, “Treatment of organics in reverse osmosis concentrate from a municipal wastewater reclamation plant: feasibility test of advanced oxidation processes with/without pretreatment,” *Chem. Eng. J.*, vol. 166, no. 3, pp. 932–939, 2011.

[60] B. Van Der Bruggen, “Chapter 3 the global water recycling situation,” In *Sustainability Science*

and *Engineering*, vol. 2, no. C, Elsevier, 2010, pp. 41–62.

[61] E. H. Murathan, “Suların geri kazanımı ve yeniden kullanımı,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.

[62] İ. Arslan-Alaton, A. Tanik, S. Ovez, G. İskender, M. Gürel, D. Orhon. “Reuse potential of urban wastewater treatment plant effluents in Turkey: a case study on selected plants,” *Elsevier, Desalination*, vol. 215, no. 1-3, pp. 159-165, 2007.

[63] D. Fatta, I.A. Alaton, G. Gökçay, M.M. Rusan, O. Assobhei, M. Mountadar and A. Papadopoulos, “Wastewater reuse: problems and challenges in cyprus, turkey, jordan, and morocco,” *Eur. Water*, vol. 11, no. 12, pp. 63–69, 2005,

[64] A. Tanik, A. Ekdal, F. G. Babuna and D. Orhon, “Recent practices on wastewater reuse in turkey,” *Water Sci. Technol.*, vol. 51, no. 11, pp. 141–149, 2005.

[65] D. Fatta and S. Anayiotou, “Medaware project for wastewater reuse in the mediterranean countries: an innovative compact biological wastewater treatment system for promoting wastewater reclamation in cyprus,” *Desalination*, vol. 211, no. 1–3, pp. 34–47, 2007.

[66] T. Asano, A. Bahri, “Global challenges to wastewater reclamation and reuse.on water front,” *Journal Of Water Process Engineering*, vol. 2, pp. 64–72, 2011.

[67] T. Başkan, “Arıtılmış evsel atıksuların tarımda sulama amaçlı yeniden kullanılması, ” Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Programı: Çevre Bilimleri ve Mühendisliği, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye 2006.

[68] M. Bayrakdar, S. Atalay and G. Ersöz, “Efficient treatment for textile wastewater through sequential photo fenton-like oxidation and adsorption processes for reuse in irrigation,” *Ceram. Int.*, vol. 47, no. 7, pp. 9679–9690, 2021.

[69] M. Moretti, S. Van Passel, S. Camposeo, F. Pedrero, T. Dogot, P. Lebailly and G.A. Vivaldi “Modelling environmental impacts of treated municipal wastewater reuse for tree crops irrigation in the mediterranean coastal region,” *Sci. Total Environ.*, vol. 660, pp. 1513–1521, 2019.

[70] F.-Z. Lahlou, H. R. Mackey and T. Al-Ansari, “Wastewater reuse for livestock feed irrigation as a sustainable practice: a socio-environmental-economic review,” *J. Clean. Prod.*, vol. 294, 126331, 2021.

[71] P. N. Egbuikwem, J. C. Mierzwa and D. P. Saroj, “assessment of suspended growth biological process for treatment and reuse of mixed wastewater for irrigation of edible crops under hydroponic conditions,” *Agric. Water Manag.*, vol. 231, 106034, 2020.

[72] Food and Agriculture Organization of the United Nations, (2022, Nov 18). International conference on agricultural statistics [Online]. Availabl: <https://www.fao.org/food-agriculture-statistics/resources/events/icas/en/>

[73] The World Bank. (2022, Oct 05). *Water in Agriculture* [Online]. Available: <https://www.worldbank.org/en/topic/water-in-agriculture>

[74] United Nations. (2017). *The sustainable development goals report* [Online]. Available: <https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2017/the-sustainable-development-goals-report-2017.pdf>

[75] I. Ghiat, R. Govindan, S. Namany and T. Al-Ansari, “Network optimization model for a sustainable supply network for greenhouses,” *In Computer Aided Chemical Engineering*, vol. 48, pp.

1885–1890, 2020.

- [76] I. Ghiat, F. Mahmood, R. Govindan, and T. Al-Ansari, “CO₂ utilisation in agricultural greenhouses: a novel ‘plant to plant’ approach driven by bioenergy with carbon capture systems within the energy, water and food nexus,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 228, p. 113668, 2021.
- [77] K. Chojnacka, A. Witek-Krowiak, K. Moustakas, D. Skrzypczak, K. Mikula and M. Loizidou, “A transition from conventional irrigation to fertigation with reclaimed wastewater: prospects and challenges,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 130, p. 109959, 2020.
- [78] A. F. Da Fonseca, U. Herpin, A. M. De Paula, R. L. Victória and A. J. Melfi, “Agricultural use of treated sewage effluents: agronomic and environmental implications and perspectives for brazil,” *Scientia Agricola*, vol. 64, no. 2. *Scientia Agricola*, pp. 194–209, 2007.
- [79] Y. M. Kardeş, M. Karaer, Ö. D. E. Köse, Z. Mut, “Arıtılmış atıksu uygulamalarının üç farklı mısır (zea mays l.) çeşidinde çimlenme ve fide gelişim özelliklerine etkisi,” *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, cl. 7, s. 1, ss. 113–120, 2020.
- [80] F. İlhan, “Geleceğin dünyasında membran prosesler ve su/atıksu arıtımında kullanımı,” *Geleceğin Dünyasında Bilimsel Ve Mesleki Çalışmalar 2020 Doğa Bilimleri Ve Ziraat*, 1. Baskı. Bursa, Türkiye:Ekin Yayınevi, 2020, ss.37–55.
- [81] V. Lazarova, B. Levine, J. Sack, G. Cirelli, P. Jeffrey, H. Muntau, M. Salgot and F. Brissaud “Role of water reuse for enhancing integrated water management in europe and mediterranean countries,” *Water Science and Technology*, vol. 43, no. 10, pp. 25–33, 2001.
- [82] S. Ricart, A. Rico and A. Ribas, “Risk-yuck factor nexus in reclaimed wastewater for irrigation: comparing farmers’ attitudes and public perception,” *Water*, vol. 11, no. 2, pp. 187, 2019.
- [83] M. Abu Madi, O. Braadbaart, R. Al-Sa’ed and G. Alaerts, “Willingness of farmers to pay for reclaimed wastewater in jordan and tunisia,” *Water Science and Technology: Water Supply*, vol. 3, no. 4, pp. 115–122, 2003.
- [84] L. Garcia-Cuerva, E. Z. Berglund, and A. R. Binder, “Public perceptions of water shortages, conservation behaviors, and support for water reuse in the u.s.,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 113, pp. 106–115, 2016.
- [85] V. E. Akpan, D. O. Omole, And D. E. Bassey, “Assessing the public perceptions of treated wastewater reuse: opportunities and implications for urban communities in developing countries,” *Heliyon*, vol. 6, no. 10, p. E05246, 2020.
- [86] R. Saliba, R. Callieris, D. D’agostino, R. Roma and A. Scardigno, “stakeholders’ attitude towards the reuse of treated wastewater for irrigation in mediterranean agriculture,” *Agric. Water Manag.*, vol. 204, pp. 60–68, 2018.
- [87] M. Abu-Madi, R. Al-Sa’ed, O. Braadbaart, G. Alaerts, “Perceptions of farmers and public towards irrigation with reclaimed wastewater in jordan and tunisia,” *Arab Water Council Journal*, vol. 1, c. 2, pp. 18-31, 2008.
- [88] E. Friedler, O. Lahav, H. Jizhaki and T. Lahav, “Study of urban population attitudes towards various wastewater reuse options: israel as a case study,” *J. Environ. Manage.*, vol. 81, no. 4, p. 360–370, 2006.
- [89] M. Oteng-Peprah, M. A. Acheampong and N. K. Devries, “Greywater characteristics, treatment systems, reuse strategies and user perception—a review,” *Water. Air. Soil Pollut.*, vol. 229, no. 8, pp.

1–16, 2018.

[90] S. Dolnicar and A. I. Schäfer, “Desalinated versus recycled water: public perceptions and profiles of the accepters,” *J. Environ. Manage.*, vol. 90, no. 2, pp. 888–900, 2009.

[91] M. Abu-Madi, Z. Mimi, and N. Abu-Rmeileh, “Public perceptions and knowledge towards wastewater reuse in agriculture in deir debwan,” *First Symposium on Wastewater Reclamation and Reuse for Water Demand Management in Palestine*, Palestine, Israel, 2008, pp. 1-9.

[92] L. S. Mcneill, M. N. Almasri and N. Mized, “A sustainable approach for reusing treated wastewater in agricultural irrigation in the west bank - palestine,” *Desalination*, vol. 248, no. 1–3, pp. 315–321, 2009.

[93] N. Buyukkamaci and H. S. Alkan, “Public acceptance potential for reuse applications in turkey,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 80, no. 1, Pp. 32–35, 2013.