



SU GÜVENLİĞİ I: Sürdürülebilirlik ve İklim Değişikliği Bağlamında Dünyadaki Mevcut Durum



İşbu eserde yer alan veriler/bilgiler, yalnızca bilgi amaçlı olup, bu eserde bulunan veriler/bilgiler tavsiye, reklam ya da iş geliştirme amacına yönelik değildir. STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş. işbu eserde sunulan verilerin/bilgilerin içeriği, güncelliği ya da doğruluğu konusunda herhangi bir taahhüde girmemekte, kullanıcı veya üçüncü kişilerin bu eserde yer alan verilere/bilgilere dayanarak gerçekleştirecekleri eylemlerden ötürü sorumluluk kabul etmemektedir. Bu eserde yer alan bilgilerin her türlü hakkı STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş.'ye aittir. Yazılı izin olmaksızın işbu eserde yer alan bilgi, yazı, ifadenin bir kısmı veya tamamı, herhangi bir ortamda hiçbir şekilde yayımlanamaz, çoğaltılamaz, işlenemez.

 STM ThinkTech

1. GİRİŞ

Dünyada en değerli kaynak sudur. Yaşamın sürmesi için suyun bir ikamesi yoktur. İnsan olarak varlığımızı sürdürmemiz için hem suyu doğrudan tüketmemiz hem de suyu kullanarak gıda üretmemiz gereklidir. İçme, yemek pişirme, temizlik, tarım, hayvancılık ve sanayi, enerji ve kültürel nedenlerle su vazgeçilmez bir öneme sahiptir.

Dünyanın üçte ikisi sularla kaplı olmasına rağmen insan kullanımına uygun tatlı ve temiz su kaynakları son derece sınırlıdır. Bu sınırlı kaynaklara erişim herkesin doğal hakkıdır.

Suya erişim sadece yaşamın idame ettirilmesini değil insani gelişimlerin de önünü açar. Suya erişimin kolaylaştırılması, su temini için harcanacak saatlerden tasarruf sağlar ve bu vaktin eğitime veya iş verimliliğinin artırılmasına aktarılmasına olanak verir. Bu açıdan sağlıklı suya erişim, onurlu ve sağlıklı insani gelişimin başat koşullarından biridir. Nitekim söz konusu nedenlerden dolayı Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'nın (SKA) altıncısı "temiz su ve sanitasyon" olarak belirlenmiştir^[1].

Buna karşılık, dünyada temiz su kaynakları hızla azalmaktadır. Dünya nüfusu artmakta ve şehirlerde toplanmakta; genel refah artışıyla birlikte su tüketimi yüksek boyutlara ulaşmaktadır. İnsani yerleşimler, sanayi ve tarım erişilebilir su kaynaklarından daha fazla su çekmekte, dünyada yaşamın temel taşlarından doğal su döngüsünü yenileyebileceğinden fazla su tüketilmektedir.

Talep arttıkça tatlı su giderek azalmaktadır. Küresel iklim değişikliğinin hem kuraklık hem de aşırı iklim olaylarını tetiklemesiyle giderek azalan tatlı su kaynakları üzerindeki baskı bir kat daha artmaktadır. Dolayısıyla su için rekabet artmakta, su güvenliği tehlike altına atılmaktadır.

Su temini konusunda yaşanan sıkıntılar çatışmalara, açlığa, salgın hastalıklara ve kitlesel göçlere yol açarak küresel barış ve istikrarı da tehdit eder hâle gelmiştir. Su güvenliği bugün savunma ve güvenlik alanının öncelikli riskler listelerinde yer almaktadır. Birleşmiş Milletler (BM), diğer uluslararası kuruluşlar, akademik kurumlar ve sivil toplum örgütleri yayınladıkları raporlarla küresel su tehdidinin ulaştığı noktaya dikkat çekmeye çalışmaktadır.

Bu araştırma raporunun amacı da özellikle küresel barış ve istikrara etkileri açısından küresel su krizinin boyutlarını ortaya sermek ve çözüm önerilerini incelemektir.

"Su Güvenliği" başlıklı Araştırma Raporu yazı dizimiz üç bölümden oluşacaktır.

Bu ilk bölümde, küresel su krizinin genel bir görünümü sergilenecek ve sorunun aşılması için ortaya atılan önerilere bakılacaktır.

İkinci bölümde, Türkiye'deki su sıkıntısı ele alınacaktır. Ülkemizde su sıkıntısını doğuran sebepler ve bunların aşılması için getirilen öneriler ve eylemler mercek altına alınacaktır.

Araştırma raporunun üçüncü bölümünde yaşanan su krizinin küresel güvenlik ve istikrar üzerinde yarattığı riskler irdelenecektir.

2. SU KITLIĞINI DOĞURAN FAKTÖRLER

Dünyada su kıtlığına yol açan çok sayıda neden bulunmaktadır. Nüfus artışı, artan kentleşme, hatalı tarım uygulamaları ve kirlilik doğrudan, küresel iklim değişikliği dolaylı olarak ilgili nedenler arasındadır. Bu bölümde söz konusu etmenlere ilişkin değerlendirmelere göz atılacaktır.

2.1 Küresel Nüfus Artışı

Dünya nüfusu Eylül 2021 itibarıyla yaklaşık 7,9 milyardır^[2]. Sanayi devrimi öncesinde 18'inci yüzyıl ortasına kadar 1 milyarın altındaki dünya nüfusu 250 yılda 8 kat artmıştır^[2].

Dünya nüfusunun yüzde 59,5'i Çin ve Hindistan gibi dünyanın en kalabalık ülkelerinin bulunduğu Asya kıtasında yaşamaktadır. Afrika dünya nüfusunun sadece yüzde 17,2'sini barındırmakla beraber nüfus artışı yıllık yüzde 2,49'a çıkmaktadır (Tablo 1). Afrika, göçmen vermekle birlikte yıllık ortalaması 30 milyonun üzerine çıkan nüfus artışına sahiptir ve dünya nüfusundaki ağırlığı giderek artmaktadır. Avrupa ve Kuzey Amerika ise düşük nüfus yoğunluğu ve nüfus artış oranına sahiptir ancak

söz konusu bölgelerdeki ülkeler giderek daha fazla göçmen kabul etmek zorunda kalmaktadır.

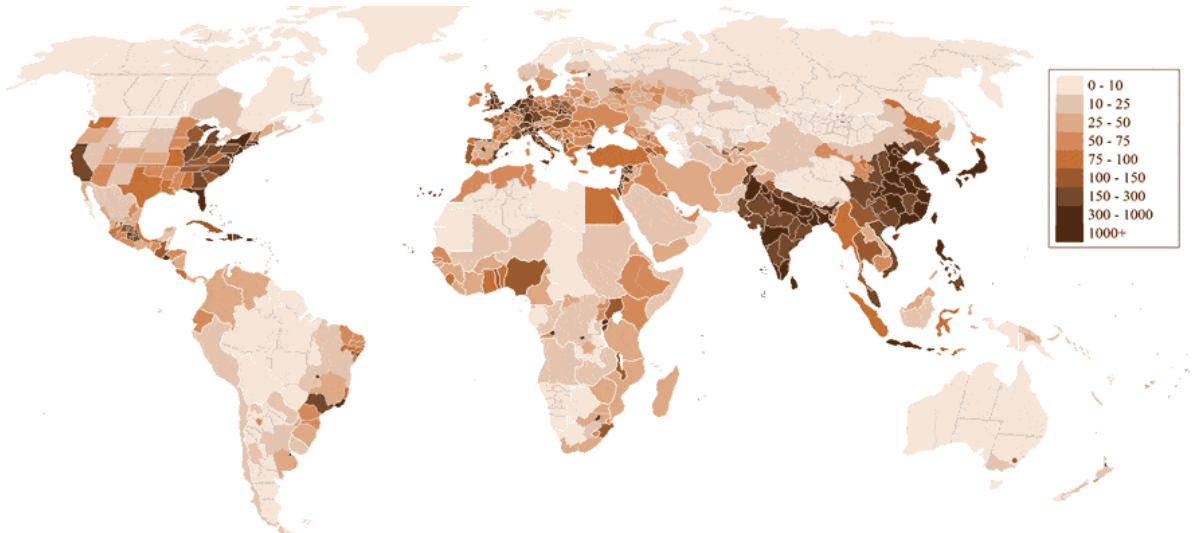
Su kaynaklarının kullanımı açısından dünya nüfusunun coğrafi dağılımı da büyük önem taşımaktadır. Dünya nüfus yoğunluğu haritası incelendiğinde, insani yerleşimlerin su kaynakları yakınlarında yoğunlaştığı ve bunun da su stresini artırdığı gözlemlenmektedir (Şekil 1).

Küresel nüfus her yıl ortalama 81 milyon kişi artmaktadır ve artış hızındaki yavaşlamaya rağmen (1969'da yüzde 2,2 kadar olan yıllık artış hızı 2020'de yüzde 1,08'e kadar gerilemiştir), dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 9,8 milyar kişiye ulaşacağı tahmin edilmektedir^[3].

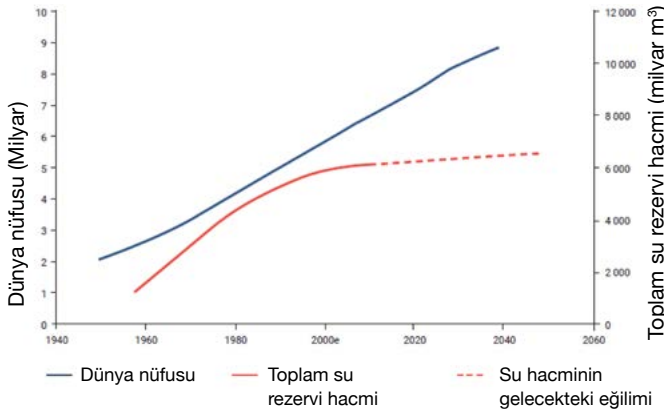
Nüfus artışı, bu değerli doğal kaynağa olan talebin artması anlamına geldiğinden, su kıtlığının da önemli bir nedenidir. Temiz su kıtlığı, yaklaşık 7,9 milyar insanın yaşadığı günümüz dünyasında önemli bir sorundur. Su sistemleri üzerindeki baskının dünya nüfusunun 10 milyara dayanacağı 2050'de daha da artacağını tahmin etmek güç değildir. Üstelik dünya nüfusu, coğrafi olarak eşit oranda artmamaktadır. Tahmini nüfus artışının çoğunun, temiz su kıtlığının zaten önemli bir sorun olduğu Afrika ve Asya'nın gelişmekte olan ülkelerinde olması beklenmektedir.

Bölge	Nüfus (2020)	Yıllık değişim yüzde	Net Değişim	Km ² başına Nüfus Yoğunluğu	Net Göçmen Sayısı	Doğurganlık oranı	Ortalama yaş	Dünya nüfusuna oranı yüzde
Asya	4,641,054,775	0.86	39,683,577	150	-1,729,112	2.2	32	59.5
Afrika	1,340,598,147	2.49	32,533,952	45	-463,024	4.4	20	17.2
Avrupa	747,636,026	0.06	453,275	34	1.361.011	1.6	43	9.6
L. Amerika ve Karayipler	653,962,331	0.9	5,841,374	32	-521,499	2	31	8.4
Kuzey Amerika	368,869,647	0.62	2,268,683	20	1,196,400	1.8	39	4.7
Okyanusya	42,677,813	1.31	549,778	5	156,226	2.4	33	0.5

Tablo 1: Bölgelere göre dünya nüfusu ve değişim dinamikleri^[3].



Şekil 1: Dünyada nüfus yoğunluğu (km² başına düşen kişi sayısı)^[3].



Şekil 2: Dünya nüfusu ve su rezervlerine ilişkin tahminlerin karşılaştırılması (1940-2060)^[4].

BM'nin 2018 yılı tahminlerine göre, dünya nüfusunun yarısından biraz daha azı (yüzde 47), yani 3,6 milyar insan her yıl en az bir ay su kıtlığı çeken bölgelerde yaşamaktadır. BM Dünya Su Kalkınma Raporu 2021'e göre, 2050 yılına kadar dünya nüfusunun yarısından fazlası (yüzde 57) her yıl en az bir ay su kıtlığı çeken bölgelerde yaşayacaktır^[4].

Ancak suya olan talebin artışında tek faktör nüfus artışı değildir. Şehirleşme, refah artışı ve değişen su kullanım alışkanlıkları da suya olan talebi etkilemektedir ve bazı tahminlere göre bu faktörler de ele alındığında gelecekte su krizi, tahmin edilenden daha şiddetli olabilir^[5].

2.2 Kentleşme ve Refah Artışı

Nüfus dışında dünyada su talebini belirleyen diğer faktörler kentleşme ve refah artışı ile değişen su tüketim biçimleridir.

Kentleşme, küresel ekonomik kalkınmayı, enerji tüketimini, doğal kaynak kullanımını ve insan refahını etkileyen 21'inci yüzyılın en önemli trendlerinden biridir. Tahminlere göre, 2020 yılı itibarıyla 4,4 milyar insan kentlerde yaşamaktadır^[6]. Ancak bu sayı hızla artmaktadır. Yüksek doğum oranlarının yanı sıra dünya genelinde milyonlarca insan kent merkezlerine göç etmektedir. 2050 yılına kadar, dünya nüfusunun üçte ikisinden fazlasının, yani yaklaşık 7 milyar insanın şehirlerde yaşayacağı tahmin edilmektedir^[7]. Hızlı kentleşme, şehir kaynaklarına yönelik talebi ve baskıyı artırmaktadır. Söz konusu artış beraberinde su ve enerjiye talepte yükselmeyi getirmekte, daha fazla insan atığına yol açmakta ve su kirliliğini artırmaktadır.

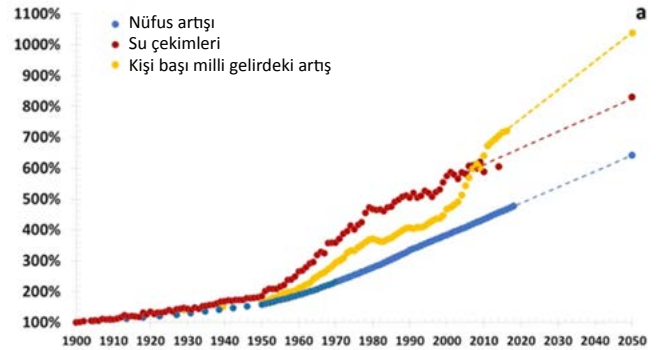
Kentleşmenin artmasının küresel su talebine doğrudan ilk sonucu, tarım dışı su talebinin artması olacaktır. Küresel su talebini belirleyen üç ana bileşen bulunmaktadır: Tarım, yerleşimler (evsel ve kentsel kullanım) ve sanayi. Günümüzde tüm bileşenler için küresel su talebi yıllık 4.600 km³'tür ve bu miktarın 2050'ye kadar yaklaşık yüzde 20-30 artarak 5.500-6.000 km³'e ulaşacağı tahmin edilmektedir^[5]. Küresel su talebinin yaklaşık yüzde 70'i tarım kesiminden, yüzde 10'u konut ve yerleşimlerden, yüzde 20'si ise sanayiden gelmektedir. Kentleşmenin artması bu üç bileşeni de etkilemekte ve su talebinin artmasına yol açmaktadır. Zira kentleşme,

şehirlerde su kullanımını doğrudan artırdığı gibi, sanayi ürünleri ve gıda talebinin yükselmesini de beraberinde getirmektedir. Ancak kentleşmenin özellikle yerleşimler ve sanayide su kullanımını tarıma göre daha hızlı artıracağı öngörülmektedir^[7].

Sosyo-ekonomik gelişme, beslenmenin daha su yoğun gıdalara (örneğin et ve süt ürünleri) doğru kaymasına katkıda bulunduğundan, su talebini artıran bir diğer önemli itici güçtür.

Gelir seviyesi arttıkça beslenme standartları yükselmekte, insanlar özellikle daha fazla et ve süt ürünleri tüketmeye başlamaktadır. Son 20 yılda hızlı bir kalkınma eğilimi gösteren ve hepsi yüksek nüfuslara sahip Brezilya, Çin ve Hindistan'da yapılan bir araştırma, bu ülkelerin beslenmelerinde daha fazla hayvancılık ürünlerine ve tahıllara doğru bir geçiş olduğunu ve kişi başına günlük su tüketiminin 1.000 litreden fazla arttığını göstermiştir^[8]. Benzeri gelişmelerden ötürü dünyanın gıda ihtiyacının 2050 yılında yüzde 60 daha fazla olacağı, dolayısıyla su talebinin de aynı oranda artacağı tahmin edilmektedir.

Sanayide su talebinin iki önemli bileşeni bulunmaktadır: Enerji ve imalat sanayi. Enerji sektörü sanayide su çekiminin yüzde 75'ini, imalat sanayi ise yüzde 25'ini oluşturmaktadır^[7]. 2050 yılına kadar enerji sektöründe su talebinin yüzde 85, imalat sanayiinde ise su talebinin yüzde 400 artacağı öngörülmektedir. Konutlar ve yerleşimlerde su kullanımının ise bölgesel olarak farklılık göstereceği, ancak en az üç, dört kat artacağı belirtilmektedir^[5].



Şekil 3: Kişi başı gelir, nüfus ve su çekimlerinin tarihsel seyri ve gelecek projeksiyonları^[5].

Söz konusu sert artışlar, küresel refah artışı ile doğrudan ilişkilidir. Kişi başı milli gelirdeki artışlardan ötürü yaşam tarzları ve tüketim kalıpları değişmekte ve suya olan talep nüfus artışı oranından fazla artmaktadır (Şekil 3).

Artan nüfus ve yükselen refah seviyesi, gelecekte kentlerde suya erişimde daha fazla sıkıntı çekileceğine işaret ediyor olabilir. Bugün bile aralarında İstanbul'un da olduğu pek çok dünya kentinde su kaynaklarının büyük stres altında olduğu dikkate alınır, suyun geleceğin kentlerinde başlıca sıkıntılardan biri olacağını tahmin etmek güç değildir. Her dört şehirden biri zaten su sıkıntısı çekmektedir. Bu aynı zamanda İstanbul gibi dünyadaki büyük metropollerin yüzde 70'i için de geçerlidir^[9]. Dünyada tüketim alışkanlıkları bu seviyede sürerse, her

birinin nüfusu 3 milyondan fazla olan 45 şehirde yaşayanlar, 2030 yılına kadar aşırı derecede yüksek su stresiyle karşı karşıya kalacaktır. 2050 yılına kadar, şiddetli su kıtlığıyla karşı karşıya kalan kent sakinlerinin sayısı bir milyarı aşabilir^[10].

2.3 İklim Değişikliği

Dünyada su krizine yol açan nedenler sadece talepteki anormal artışlar değildir. Su arzında da büyük dalgalanmalar yaşanmaktadır. Söz konusu dalgalanmaların başlıca sebebi ise 21'inci yüzyılın en önemli tehditlerinden biri olan küresel iklim değişikliğidir.

Birleşmiş Milletler Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) Ağustos 2021'de yayınladığı son rapora göre^[11] gelecek 20 yılda dünyada ortalama sıcaklık muhtemelen 1,5 derece daha artacaktır. Söz konusu artış beraberinde dünyanın su döngüsünde büyük değişimler yaratacak; zaten yağış alan bölgeler daha fazla yağış alacak, kurak bölgeler daha fazla kuraklık çekecektir. İklim değişikliği nedeniyle dünyanın orta enlem bölgelerinde su arzının azalması ve bunun da su mevcudiyeti zamanlamasını değiştirmesi, kuraklık ve sellerin şiddetini artırması beklenmektedir. Rapora göre dünyanın ortalama sıcaklığındaki her bir derecelik artış, aşırı yağışların sıklığını yüzde 7 artırmaktadır.

İklim değişikliği nedeniyle sıcaklıklar yükseldikçe, ekvator bölgelerinde buharlaşmanın artması, yüksek enlemlerde ve bazı orta kuşak bölgelerde yağışların artması söz konusudur.

Doğal yağış rejimlerindeki değişimler özellikle tarımda olumsuz sonuçlara yol açmaktadır. Zira dünya tarımının büyük bölümü yağmur suyuna bağlıdır. Bu nedenle iklim değişikliği zaten artan nüfus ve talebe yetişmekte güçlük çeken tarımsal üretim sistemleri üzerinde ek stres yaratacaktır.

FAO'nun aktardığına göre yapılan araştırmalar, 129 ülkenin temel olarak iklim değişikliği nedeniyle daha fazla kuraklık yaşayacağını ortaya koymaktadır^[8]. Kuraklık, 21'inci yüzyılın sonunda, Avrupa, Orta Afrika, Avustralya, Güney Amerika, Batı ve Orta Amerika'nın bazı bölgelerinde daha sık ve şiddetli hâle gelecektir.

FAO'ya göre dünyadaki ekilebilir arazilerin yüzde 62'si (yaklaşık 171 milyon hektar) yüksek ve çok yüksek su stresi altındadır^[8]. Yağmur yağışına bağlı olan ve görece sürekli kuraklıktan etkilenen tarım arazilerinin toplamı

128 milyon hektarı bulmaktadır. Bu alan, toplam tarımsal alanlarının yüzde 11'ini oluşturmaktadır^[8].

Kuraklık sıklığının artması ve buna bağlı olarak yaşanan su sıkıntısı, özellikle dünyanın en az gelişmiş bölgelerindeki savunmasız toplulukları etkilemektedir. FAO'ya göre tarım bölgelerinde yaşayan 1,2 milyar kişi çok yüksek su stresi yaşamaktadır^[8]. Bunlardan 520 milyonu kırsal alanlarda, 660 milyonu tarımsal alanlarla çevrili küçük kentsel yerleşimlerde yaşamaktadır. Yüksek su stresi yaşayan bölgeler de eklendiğinde etkilenen dünya nüfusu 3,2 milyara yükselmektedir ve bunun 1,2 milyarı kentsel bölgelerde yaşayanlardır.

Dünyada ekili alanların toplamının yaklaşık yüzde 11'i ve mera alanlarının yüzde 14'ü peş peşe kurak yıllar yaşarken, sulanan ekili alanların yüzde 60'ından fazlası yüksek oranda su sıkıntısı çekmektedir^[8].

Sel ve kuraklıklar, yarattığı can kayıplarının yanı sıra büyük ekonomik kayba da yol açmaktadır. FAO'ya göre seller 2009-2019 döneminde yaklaşık 55.000 kişinin ölümüne neden olmuştur. Sadece 2019 yılında 5.110 kişi sellerde yaşamını yitirmiştir. Söz konusu 10 yılda, 103 milyon insan, sellerden olumsuz etkilenmiş, 76,8 milyar dolar ekonomik kayıp oluşmuştur^[8].

Aynı dönemde, kuraklıklar 100 milyondan fazla insanı etkilemiş, 2.000'den fazla can kaybına yol açmış ve doğrudan 10 milyar doların üzerinde ekonomik kayba neden olmuştur^[8]. Küresel olarak, sel ve aşırı yağışlar son 10 yılda yüzde 50'den fazla artmış ve 1980'dekinden dört kat daha fazla bir oranda gerçekleşmiştir. İklim değişikliğinin sel ve kuraklıkların sıklığını ve şiddetini daha da artırması beklenmektedir^[12].

2.4 Hatalı Tarım Uygulamaları

Dünya tatlı su kaynaklarının üçte ikisini kullanan tarım sektöründeki hatalı uygulamalar su krizinin ağırlaşmasına çeşitli açılardan katkıda bulunmaktadır.

Bunların başında aşırı ve verimsiz sulama gelmektedir. Gıda üretimi için kullanılan su, sağladığı birçok faydaya rağmen, suyun verimsiz kullanımı, tatlı su kaynaklarının tükenmesi gibi ciddi ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri olmaktadır. Bunların başında su kalitesinin bozulması, arazi veriminin azalması ve tarıma uygunluğu kaybetmesi, iklim şoklarına karşı artan hassasiyet ve biyolojik çeşitliliğin azalması gelmektedir.

Bölge	Toplam Ekili Alan (milyon hektar)	Sulama Yapılan Alan (milyon hektar)	Sulama Yapılan Alanın Toplam Ekili Araziye Oranı (yüzde)	Toplam Su Çekimi (km3/yıl)	Tarım Sektörünün Toplam Su Çekimi (km3/yıl)	Tarım Su Çekiminin Toplam Su Çekimine Oranı (yüzde)
Afrika	259	16	6	226	183	81
Amerika	365	55	15	854	412	48
Asya	562	238	42	2584	2103	81
Avrupa	291	26	9	322	88	27
Okyanusya	28	3,3	21	4	3	70

Tablo 2: Dünyada sulama yapılan alanların oranı ve bu bölgelerdeki toplam su çekimi^[8].

Bitkisel tarım, hayvancılık ve su ürünleri yetiştiriciliği dahil olmak üzere su, tarımın her alanında büyük önem arz etmektedir. Tarımda kullanılan su miktarı kullanılan yöntemlere göre değişmektedir. Bazı bölgelerde toprağın nemi tarıma yeterli olurken, pek çok bölgede yağmur suyuna dayalı tarım yapılmakta, uygun bölgelerde ise sulamalı tarım yapılabilmektedir. Dünyadaki ekili alanların yüzde 80'inde yağmura dayalı tarım yapılmakta ve gıda üretiminin yüzde 60'ı bu alanlardan sağlanmaktadır^[8].

Sulu tarım, dünyada ekili alanların yaklaşık yüzde 20'sinde yapılmasına karşın gıda üretiminin yüzde 40'ını oluşturur^[8]. Sulama için yüzey ve yeraltı su kaynaklarından su çekimi 2020 itibarıyla yılda 2.797 km³ olup, bu da dünyadaki tüm su çekimlerinin yüzde 70'ini oluşturmaktadır (Tablo 2). Daha kurak bölgelerde bu oran yüzde 90'ın üzerine çıkmaktadır^[8].

Sulu tarım, küresel su kullanımının yüzde 70'inden fazlasını oluşturmaktadır^[8]. Sulama, tarımsal verimin artışında büyük etki yaratmıştır. Son 50 yılda, gelişmekte olan ülkelerde ekili arazi oranı sadece yüzde 30 artmasına rağmen sulama, verimli tohum kullanımı ve gübreleme sayesinde tarımsal verim üç kat artmıştır^[13]. Sulama, çiftçilerin doğal yağışa olan bağımlılıklarını azaltarak mahsul üretimini artırmalarını sağlamaktadır. Örneğin, sulama yapılmazsa, küresel pirinç, pamuk, narenciye ve şeker kamışı üretiminin yüzde 31 ile yüzde 39 oranında ve tahıl üretiminin yüzde 47 oranında azalacağı tahmin edilmektedir^[8].

Su kaynaklarının daha iyi yönetimi ile birlikte sulamanın genişletilmesi, gelecekte gıda güvenliğinin sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte tarımsal sulama uygulamalarında hatalar nedeniyle dünyada sulamalı tarımın yüzde 41'inin sürdürülebilir olmadığı kaydedilmektedir^[8]. Aşırı yeraltı suyu çekimi, verimsiz sulama yöntemleri, yeraltı su rezervlerinin tuzlanması ve aşırı gübre kullanımı, su kaynakları için büyük tehditler hâline gelmiştir.

Tehditlerin başında su kaynaklarının, özellikle yeraltı su kaynaklarının aşırı kullanımı gelmektedir. Hindistan ve Çin'de yaşananlar bunun en çarpıcı örnekleridir. Bu iki ülke, dünyada en yüksek sulama alanı yüzdesine sahiptir ama yüksek nüfusları yanında kişi başına düşen ekilebilir arazi miktarı düşüktür. Bu nedenle sulu tarıma ağırlık verilmiş ve tarımsal üretim büyük ölçüde artırılmıştır. Ancak son 10 yılda düşük yağış nedeniyle mevcut yüzey suları sulama için yetersiz kalmış ve su kıtlığı koşullarını daha da kötüleştirmiştir. Söz konusu ülkelerde, mevcut yüzey suyu kaynakları verimli tarım için yetersiz kaldığından, yeraltı suyu kaynakları sulama için ana kaynak olarak hizmet vermektedir. Tahminlere göre, dünyadaki fiilen sulanan alanların yüzde 40'ında yeraltı suyu kaynakları kullanılmaktadır^[8]. Bununla birlikte, yeraltı sularının aşırı kullanımının bu iki ülkede ekolojik felaketleri artırdığı ve gıda güvenliğini tehdit ettiği kaydedilmektedir.

Benzer biçimde, Arabistan Yarımadası, İran, Orta Asya, Kuzey Afrika, Avustralya ve Kuzey Amerika'nın batısı gibi kurak ve yarı kurak bölgelerde yeraltı suları sulamada yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu bölgelerde su kıttır, kullanımı için rekabet büyüktür ve sulanan

arazilerden kişi başına düşen gıda üretimini sürdürmek yakın gelecekte imkânsız hâle gelebilir.

Tuzlanma, dünya çapında her yıl yaklaşık 1,5 milyon hektar ekilebilir arazi kaybına neden olmakta ve tüm tarım arazilerinin yaklaşık yüzde 16'sını etkilemektedir^[13]. Acı su kullanımı, kötü drenaj ve/veya sızıntı ve kötü arazi yönetiminden kaynaklanabilen toprak tuzlanması yaygın bir sorundur; sulanan arazilerin yaklaşık yüzde 30'unu etkilemektedir.

Gübre ve kimyasal kullanımı ise su kalitesi üzerinde olumsuz etkide bulunmaktadır. Son yıllarda, birçok gelişmiş ve hızla büyüyen ekonomide, gıda üretimini artırmak için yüksek düzeyde zirai kimyasal madde kullanımına başvurulmaktadır. Aşırı kullanım fosfor ve azot gibi zararlı maddelerin yeraltı suları ve yüzey sularına karışmasına neden olabilmekte ve su kalitesinin bozulmasına yol açmaktadır.

2.5 Su Kirliliği

Temiz su kaynakları dünyanın hemen her yanında kirlenmektedir. Suyun kirlenmesinin tek müsebbibi insani faaliyetlerdir.

Gelişmekte olan ülkelerin yüzde 80'i, kanalizasyonunu doğrudan su kaynaklarına akıtmaktadır^[14]. Sanayi, yaklaşık 300-400 milyon ton atığı sulara dökmektedir^[15]. Tarım faaliyetlerinde kullanılan gübrelerin neden olduğu kimyasal kirlenme, dünya yeraltı su rezervuarlarını tükettirmektedir.

Kirlilik, kaynaklarımızı kullanılmaz hâle getirmektedir. Kirlilik, gıda üretimi de dahil olmak üzere ekonomik faaliyetler için tatlı suyun kullanılabilirliğini etkiler. Kirli su, gıda güvenliği ve sağlık riskleri yoluyla sağlığı ve refahı etkiler. Aynı zamanda, gıda güvenliği ve beslenme sağlama yeteneği de dahil olmak üzere, balıkçılığın, arazinin ve ekosistemlerin sürdürülebilirliğini baltalamaktadır.

2.6 Altyapı Zafiyetleri ve Su Kayıpları

Dünyada tatlı su kıtlığı yaşanırken, su altyapısındaki eksiklikler ve etkin su yönetimi eksikliklerinden ötürü büyük kayıplar yaşaması krizi daha da ağırlaştırmaktadır. Dünya çapında, su dağıtım sistemlerindeki kaçak seviyeleri yüzde 10 ile yüzde 55 arasında değişmektedir^[16]. Sürekli onarım ihtiyacı ekonomik kayıplara ve bulaşıcı hastalık risklerine neden olmaktadır.

Su şebekelerindeki yetersizlikler ve su kaçakları özellikle gelişmekte olan ülkelerde ciddi boyutlara ulaşmaktadır. Dünya Bankasının 2016'da yayınladığı bir rapora göre gelişmekte olan ülkelerde her gün su şebekelerinde 45 milyon metreküp temiz su, kaçaklar ve arızalar nedeniyle kaybedilmektedir. Söz konusu ülkelerde su kayıplarının yarattığı ekonomik zarar yılda üç milyar doları bulmaktadır. Öte yandan Dünya Bankası sadece bu kaçak ve kayıpların önüne geçilmesiyle 90 milyon kişinin su ihtiyacının karşılanabileceğini belirtmektedir^[17].

Ancak bu sadece gelişmekte olan ülkelere has bir sorun değildir. Dünyada, sızıntı ve kaçaklar, eskiyen altyapı, su basıncının iyi yönetilmemesi veya faturalama sistemlerindeki yanlışlıklar nedeniyle milyonlarca metreküp tatlı su kaybolmaktadır. Bir tahmine göre iletim ve dağıtım

şebekelerindeki aksaklıklar ve yetersizlik nedeniyle su kayıpları yüzde 25 ile yüzde 50 arasında değişmektedir^[17]. Örneğin İngiltere ve Galler’de yapılan yakın tarihli bir araştırmaya göre şebekelerde günlük su kayıpları üç milyon litreyi bulmaktadır^[18].

Dünyada su şebekelerindeki kaçak ve kayıpların yol açtığı israf çok büyük boyutlardadır. Kayıp ve kaçakların yol açtığı maliyet yılda 141 milyar doları bulmaktadır^[19].

3. DÜNYADA SU KİTLİĞİNİN BOYUTLARI

Tarih boyunca insanlık, sık sık su krizleriyle karşı karşıya kalmıştır. Sanayi Devrimi öncesi tarıma dayalı ekonomiler, kuraklık veya aşırı yağışların yol açtığı verim kaybından ötürü sık sık krize girmiş; bunlar çatışma, savaş ve kitlesel göçlere yol açmıştır. Tarihçiler, günümüze kadar kayıtlara geçen su bağlantılı 900’den fazla çatışma ve savaş tespit etmişlerdir^[20].

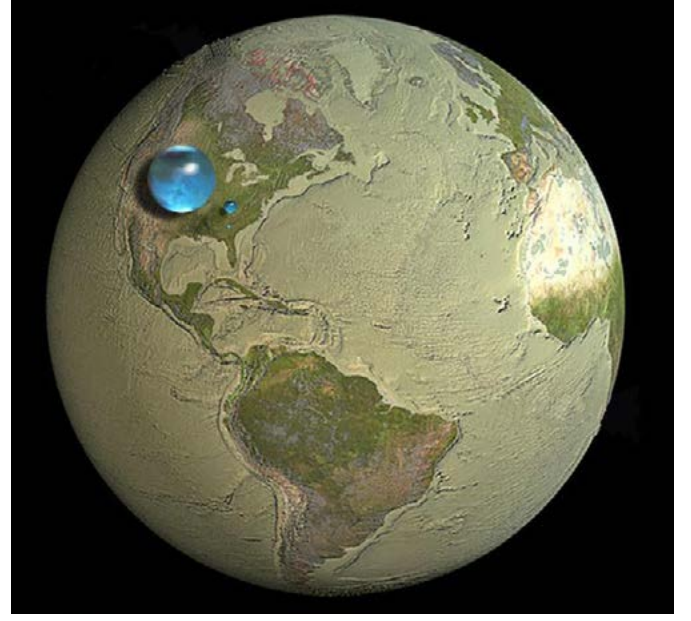
Modern toplumlar ise teknolojik olanaklar sayesinde su ve hijyen altyapılarını tarihte olmadığı kadar iyileştirmiştir. 1990 yılından bu yana 2,1 milyar insanın daha iyi su ve sıhhi koşullara erişmesi sağlanmıştır^[1]. Bu ilerlemeyle birlikte kişi başına su kullanımı tarihte görülmemiş boyutlara ulaşmıştır. 100 yıl önce en gelişmiş toplumlarda bile sınırlı kesimlerin ulaşabildiği bu altyapılarla sağlanan hizmetler temel vatandaşlık hakkı olarak görülmekte, bu nedenle ülke yönetimleri maliyetleri her ne olursa olsun bunlardaki eksiklikleri tamamlamak için büyük çaba sarf etmektedir. Bunun sonucu olarak 20’nci yüzyılda dünyada su kullanımı, küresel nüfus artışının iki katı hızında artmıştır^[21].

Ancak bu artış, modern çağın yeni sorunlarıyla birlikte dünyada su sıkıntısının tarihte görülmemiş boyutlara ulaşmasına neden olmaktadır. Dünyada milyarlarca insan aşırı kirli su; şiddetli kuraklık veya sellerle kendini gösteren küresel iklim değişikliği bağlantılı aşırı iklim olaylarının yanı sıra, güvenli ve uygun fiyatlı içme suyu erişim eksikliği gibi sorunlarla karşı karşıyadır. Bu sorunları, özellikle bu sorunlarla başa çıkmak için mali, teknik ve yönetim kapasitelerinden yoksun gelişmekte olan ülkelerde artan güvensizlik, göç ve şiddetli çatışma riskine yol açmaktadır.

3.1 Dünyada Tatlı Su Kaynaklarının Durumu

Gezegemimizin yaklaşık yüzde 71’i su ile kaplıdır ancak bu insanlar ve diğer kara canlıları için bol bol su olduğu anlamına gelmemektedir. Dünyadaki suyun sadece yaklaşık yüzde 3’ü içilebilir, tarım veya sanayide kullanılabilir niteliktedir. Bunun da üçte ikisi kuzey ve güney kutup bölgeleriyle dağ zirvelerinde donmuş olarak bulunmaktadır.

Dünyadaki tüm su rezervlerinin yaklaşık 1,4 milyar km³ olduğu tahmin edilmektedir^[22]. Ancak dünyanın tatlı su kaynaklarının büyük bölümü donmuş hâlde kutup bölgelerinde ya da yüksek dağların yamaçlarında bulunmaktadır. Tatlı suyun bir kısmı da buharlaşarak atmosferde bulunmaktadır. Dünyadaki tatlı su kaynaklarının sadece



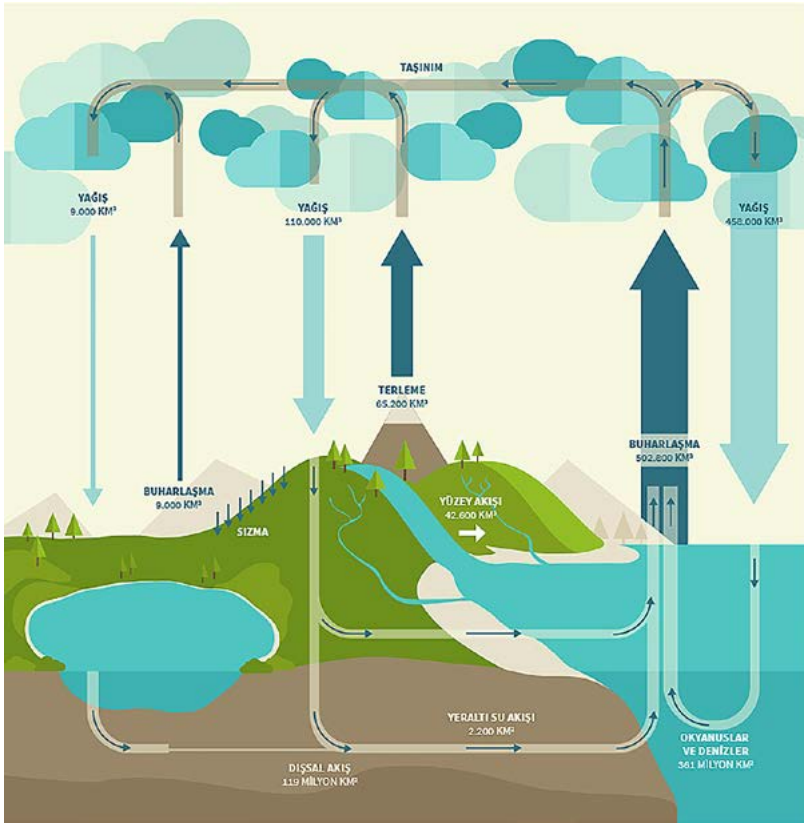
Şekil 4: Dünyanın tatlı su rezervlerinin karşılaştırılması. Büyük su damlası dünyanın tüm tatlı sularının toplamının; orta büyüklükte damla sıvı haldeki tatlı toplam su miktarının; en küçük damla ise nehir ve göllerdeki su miktarının dünyanın kütlesi ile karşılaştırılmasını ifade etmektedir^[25].

10,6 milyon km³’ü sıvı hâlde, göller, nehirler veya yeraltında bulunmaktadır. İrmaklar ve göller gibi yüzeydeki tatlı su kaynaklarının miktarı ise sadece 93,113 km³ kadardır (1 km³ yaklaşık 1 trilyon litreye eşittir).

Su hareketlidir, yok olmaz. Yeryüzünde su miktarı yıllar içinde sabit kalmaktadır. Su döngüsü su kaynaklarının yenilenmesinin en önemli güvencesidir. Her yıl Karadeniz’deki su kütlesinden daha fazla bir miktar, yani 577.000 km³ su, bu döngü içinde devridaim olmaktadır^[23].

Bu suların 502.800 km³’ü deniz ve okyanuslardan, 74.200 km³’ü ise karalardan buharlaşmaktadır. Buharlaşan sular atmosferde yukarı doğru hareket ettikçe soğumakta ve yoğunlaşarak yağışa dönüşmektedir. Böylece buharlaşanla aynı miktarda su yağışla deniz ve okyanuslara (458.000 km³) ve karalara (119.000 km³) tekrar ulaşmaktadır. Kara yüzeyinden buharlaşma ile uzaklaşan ve yoğunlaşma ile karaya tekrar dönen su miktarı arasındaki fark yılda 44.800 km³’ü bulmaktadır. Bu rakam akarsu (42.700 km³) ve yeraltı suları (2.100 km³) ile karalardan okyanuslara taşınan su miktarına eşittir. Bu, insanların yaşamsal ihtiyaçlarını ve ekonomik faaliyetlerini sürdürülebilmek için gerekli tatlı su kaynağıdır^[24].

Su döngüsü dünyada suyun dağılımını sağlamaktadır. Ancak tatlı sular yer kürede eşit olarak dağılmamaktadır. Bazı bölgeler su kaynakları açısından daha zenginken bazı bölgelerde su kaynakları hayli kısıtlıdır. Tatlı su kaynaklarının yaklaşık yüzde 32’si Asya’da, yüzde 28’i Güney Amerika’da, yüzde 7’si Avrupa’da, yüzde 6’sı ise Avustralya’da bulunmaktadır.



Şekil 5: Su döngüsündeki tahmini su miktarları^[23].

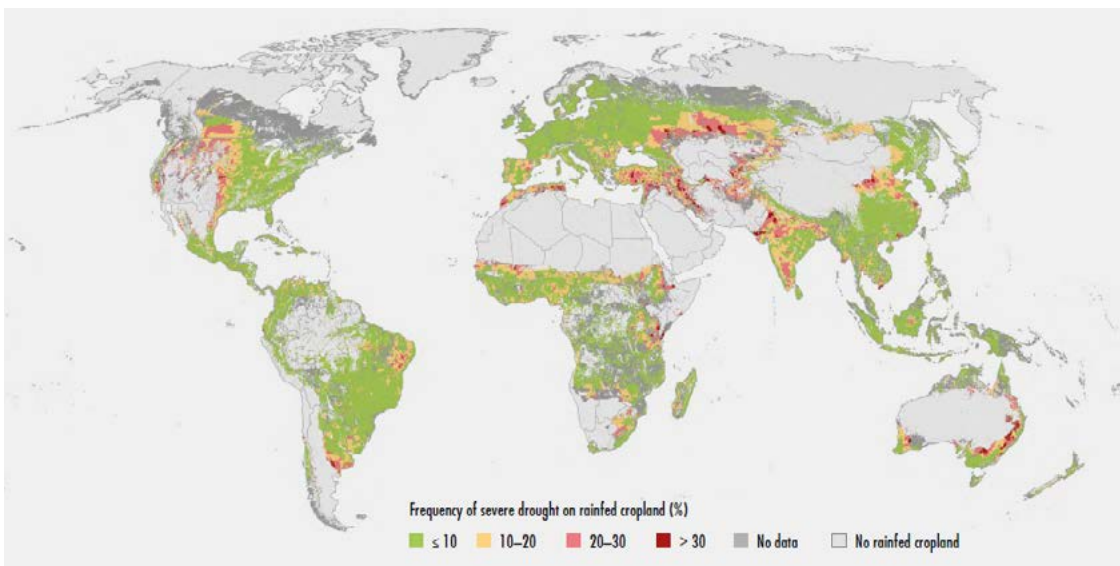
3.2 Su Kıtlığı ve Su Stresi

Büyük su döngüsüne rağmen dünyanın önemli bölümünde tatlı suya erişimde sıkıntılar yaşanmaktadır. Yağışın azalması, yüzeysel su kaynaklarının aşırı kullanım ve diğer sebeplerle kuruması, suyun etkin kullanımı ve dağıtılmasını sağlayacak sistemlerin kurulmaması gibi nedenlerle su krizi yaşanan alanların miktarı gün geçtikçe artmaktadır. Arz ve talep arasındaki dengesizlikler “su kıtlığı” adı verilen küresel bir sorunu ortaya çıkarmaktadır.

BM’ye göre bir bölge yenilenebilir tatlı su kaynaklarının yüzde 25’ini veya daha fazlasını çektiğinde “su sıkıntısı” ortaya çıkmaktadır^[26].

Günümüzde su krizi yaratan başlıca faktörlerden biri küresel iklim değişikliğidir. Küresel ısınmayla birlikte bir yandan yağış düzensizliği öte yandan şiddetli, yaygın ve uzun süreli kuraklıkla sıklıkla karşılaşılmaktadır^[27].

BM su kıtlığını, “tüm su kullanıcılarının, yürürlükteki kurumsal düzenlemeler çerçevesinde, suyun

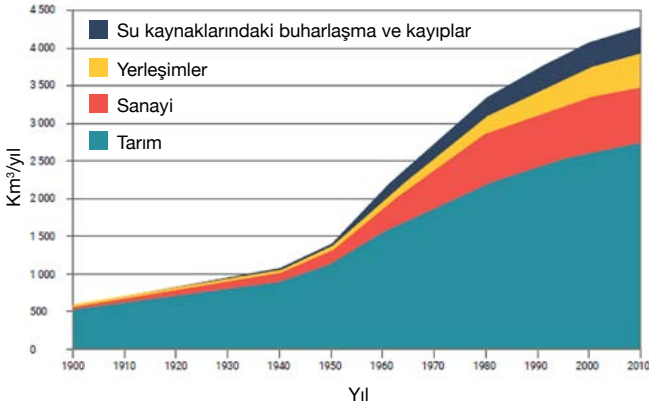


Şekil 6: Dünyada yağmurla beslenen ekili alanlarda görülen şiddetli kuraklık sıklığı (1984-2018)^[8].

tedarikine veya kalitesine taleplerinin tam olarak karşılanamayacağı nokta” olarak tanımlanmaktadır^[28]. Su kıtlığı matematiksel olarak, “belirli bir alanda insan su tüketiminin mevcut su kaynağına oranı” olarak formüle edilmektedir. Hidrologlar genellikle bir bölgede yaşanan su kıtlığını, bu nüfus/su oranına göre değerlendirmekte ve derecelendirmektedir (Tablo 3).

Kişi başına /m ³ /yıl	Su kıtlığı derecesi
>1,700	Stressiz
1,000-1,700	Su Stresi
500-1.000	Su Kıtlığı
<500	Mutlak Kıtlık

Tablo 3: BM'ye göre su kıtlığı dereceleri^[28].



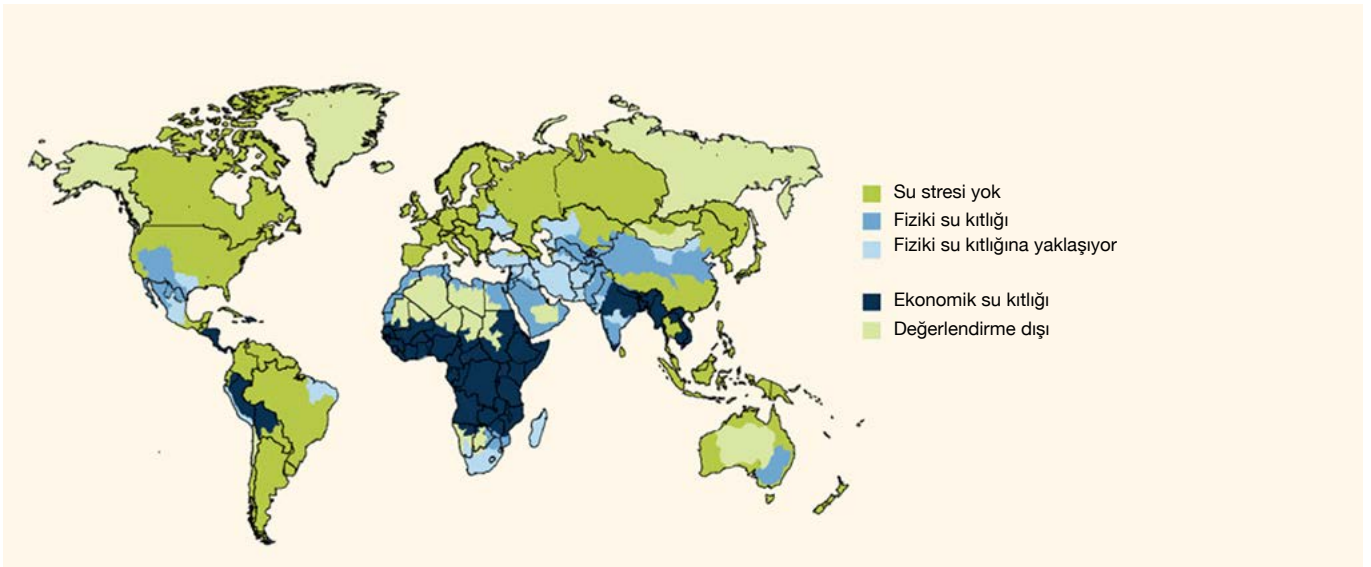
Şekil 7: Dünyada su çekme miktarları (1900-2010)^[4].

BM, su kıtlığının, fiziksel ve ekonomik (insani faaliyet sonucu) olarak iki türü olduğunu belirtmektedir. Fiziksel su kıtlığı, bir bölgenin talebini karşılamada doğal su kaynaklarının yetersiz olmasının bir sonucudur. Ekonomik su kıtlığı ise, yeterli doğal su kaynaklarının kötü bir şekilde yönetilmesi sonucunda oluşmaktadır. Su kıtlığı genellikle yağışların az olduğu bölgelerde meydana gelse de, insan faaliyetleri, nüfus yoğunluğu, turist girişi, yoğun tarım ve yoğun su talep eden sektörlerin de etkisiyle farklı bölgelerde de sorun yaratabilmektedir^[28].

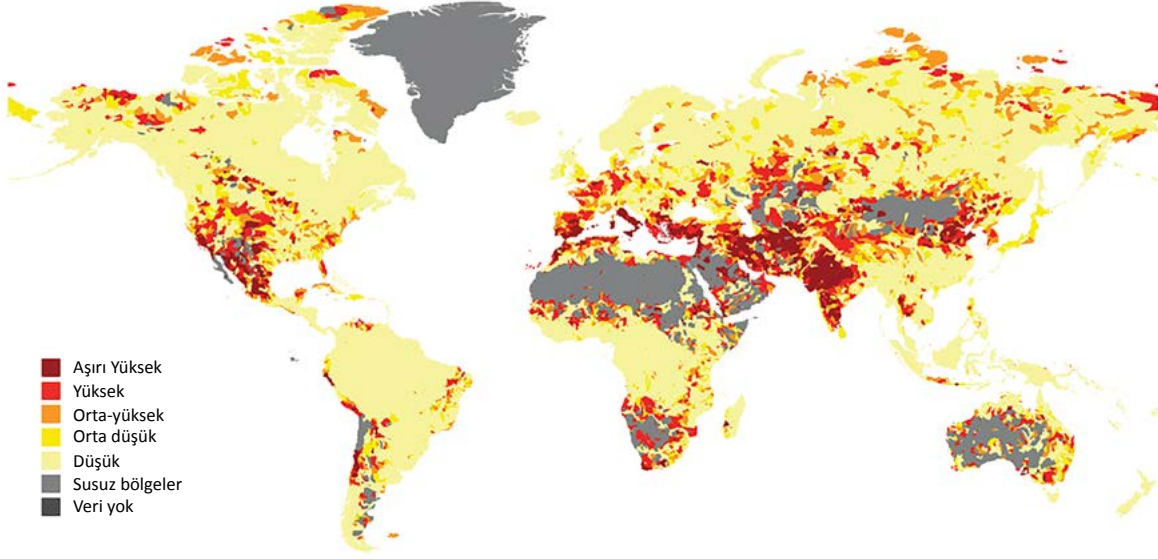
Şekil 8'de görüleceği üzere bir yandan fiziki kaynaklar giderek azalır ve aralarında Türkiye'nin de bulunduğu çok sayıda ülke su stresi altına girerken; diğer yandan ekonomik, yani su kaynaklarının üzerinde kullanımın yol açtığı su kıtlığı dünya genelinde de yaygındır. 2,3 milyardan fazla insan su stresi yaşayan bölgelerde, 733 milyon insan ise yüksek ve şiddetli su stresi altındaki bölgelerde yaşamaktadır^[26]. Bununla birlikte, fiziksel su stresi, su mevcudiyetindeki mevsimsel değişkenlikle örneklendiği gibi, genellikle yıllık bir fenomenden ziyade mevsimseldir. Tahminlere göre 2,7 ila 4 milyar insan, yılda en az bir ay şiddetli fiziksel su kıtlığından muzdarip bölgelerde yaşamaktadır.

Buna karşılık insani faaliyetlerin yol açtığı “ekonomik” su kıtlığı ise giderek daha ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Yaklaşık 1,6 milyar insan “ekonomik” su kıtlığı ile karşı karşıyadır. Bir başka deyişle su fiziksel olarak mevcut olmasına rağmen, bu suya erişmek için gerekli altyapıdan yoksundurlar.

Nüfus artışı, sosyo-ekonomik gelişme ve değişen tüketim alışkanlıklarının bir araya gelmesiyle su kullanımı, 1980'lerden bu yana dünya çapında her yıl yaklaşık yüzde 1 oranında artmaktadır. Küresel su talebinin 2050 yılına kadar benzer bir oranda artmaya devam etmesi ve esas olarak endüstriyel ve ev sektörlerinde artan talep nedeniyle mevcut su kullanımı seviyesinin yüzde 20 ila yüzde 30 üzerinde bir artışa yol açması beklenmektedir. Su talebi arttıkça ve iklim değişikliğinin etkileri yoğunlaştıkça stres seviyeleri artmaya devam edecektir^[29].



Şekil 8: Küresel fiziki ve ekonomik su kıtlığı durumu^[28].



Şekil 9: Dünyada genelinde su stresi seviyesi^[4].

Tahminlere göre 2025 yılına kadar dünya nüfusunun üçte ikisi su kıtlığı ile karşı karşıya kalabilir^[30]. Orta ve uzun vadeli tahminler de karamsardır. Tahminlere göre 2030 yılında küresel su açığı yüzde 40'a ulaşacaktır^{[4], [29]}.

3.3 Su Kıtlığının Sonuçları

Dünyada su kıtlığının doğurduğu sonuçlara ilişkin çok sayıda veri ve tahmin bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır.

- Su kıtlığı nedeniyle küresel gıda güvenliği tehlike altındadır. Su kıtlığı, dünyanın birçok yerinde aç olan milyonlarca insanın gıdaya erişimini sağlamak ve temin etmek ve besleyici gıdaların maliyetini düşürmek için gerekli olan çevreyi de tehlikeye atmaktadır. Zira

dünyada tüm su çekimlerinin yaklaşık üçte ikisi tarım, yüzde 16'sı belediyeler tarafından konut tüketimi ve su bağlantılı kent hizmetleri için, yüzde 12'si ise sanayide üretim için kullanılmaktadır^[26]. Durum gelecekte daha vahim olabilir. Çünkü Dünya Bankasına göre, 2050 yılına kadar artan dünya nüfusunun gıda ihtiyacını karşılamak için tarımda su çekim miktarının bugüne kıyasla yüzde 55 artması gerekecektir.

- Su kıtlığı sağlık ve hijyen koşullarını kötüleştirmektedir. Sağlık ve hijyen için güvenli içme suyuna erişim şarttır. Düşük kaliteli veya kirli su bir dizi su kaynaklı hastalığa neden olabilir ve yetersiz beslenmeye, kronik hastalıklara ve bazen ölüme yol açabilir. Önemli su kaynaklı hastalıklar arasında ishal hastalıkları, kolera, tifo, hepatit A, hepatit E ve çocuk felci

Aşırı Su Stresi Yaşayan Ülkeler	<ol style="list-style-type: none"> 1. Katar 2. İsrail 3. Lübnan 4. İran 5. Ürdün 6. Libya 7. Kuveyt 8. Suudi Arabistan 9. Eritre 	<ol style="list-style-type: none"> 10. B.A. Emirlikleri 11. San Marino 12. Bahreyn 13. Hindistan 14. Pakistan 15. Türkmenistan 16. Umman 17. Bostvana
Yüksek Su Stresi Yaşayan Ülkeler	<ol style="list-style-type: none"> 18. Şili 19. Kıbrıs 20. Yemen 21. Andorra 22. Fas 23. Belçika 24. Meksika 25. Özbekistan 26. Yunanistan 27. Afganistan 28. İspanya 29. Cezayir 30. Suriye 	<ol style="list-style-type: none"> 31. Türkiye 32. Arnavutluk 33. Ermenistan 34. Burkina Faso 35. Cibuti 36. Namibya 37. Kırgızistan 38. Nijerya 39. Nepal 40. Portekiz 41. Irak 42. Mısır 43. İtalya

Tablo 3: Dünyada en çok su stresi yaşayan ülkeler^[31].

bulunmaktadır^[32]. Temiz su ve atık su arıtma sistemlerinin yetersizliği dünyada 2,4 milyar insan için sorun teşkil etmektedir^[32]. Dünyada 785 milyon kişinin güvenli temiz suya erişimi yoktur. Her yıl beş yaş altı bir milyon çocuk yeterli su ve sağlık koşullarına erişemediğinden yaşamını yitirmektedir^[32]. Dünya Sağlık Örgütüne göre, ishali hastalıklar tek başına küresel hastalık yükünün tahmini yüzde 3,6'sını oluşturmaktadır ve bu sorun yılda 1,5 milyon kişinin ölümüne yol açmaktadır^[32]. İshal çocuklarda üçüncü ölüm nedenidir^[33]. Bu tür ölümlerin yaklaşık yüzde 58'i düşük ve düşük orta gelirli ülkelerde meydana gelmektedir. Güvenli su temininden yoksun, atık su yönetiminin sınırlı olduğu söz konusu ülkelerde her yıl 361.000'i beş yaşın altındaki çocuk olmak üzere, 842.000 kişi yaşamını yitirmektedir^[8].

- Su kıtlığı, insani gelişim ve sürdürülebilir kalkınmanın önünde engel oluşturmaktadır. Suya erişimin azalması su temini için harcanan zamanı uzatmakta ve verimsizliği artırmaktadır. Örneğin, dünyanın dört bir yanındaki kadınlar, evlerine su taşımak için günde toplam 200 milyon saat harcamakta, bu onları ekonomik faaliyetlerden alıkoymakta ve ailelerine ayıracakları zamanı azaltmaktadır^[33]. Suya erişimin olmaması her yıl dünyada 260 milyar dolar ekonomik kayba yol açmaktadır^[33]. Su kaynaklı ölümlerin önüne geçilmesi bile dünya ekonomisine 18,5 milyar dolar katkı sağlayacaktır^[33].
- Su kıtlığı çevreye onarılması güç hasarlar vermektedir. Örneğin, bir zamanlar dünyanın en büyük tatlı su kaynaklarından biri olan Aral Gölü, aşırı su tüketimi nedeniyle, çok küçülmüş, kirlenmiş ve suyu tuzlanarak içilmez hâle gelmiştir^[30]. Özellikle tarım amaçlı kurutma çalışmaları ve su çekimleri büyük canlı çeşitliliğine sahip olan bataklık ve sulak alanların kurumasına ve yok olmasına neden olmaktadır.

- Su kıtlığı nedeniyle büyük kitlesel göçlerin ivmesinin giderek artması olasıdır. 2030 yılına kadar dünya çapında 700 milyon insan yoğun su kıtlığı nedeniyle yerlerinden ayrılabilir^[34].

4. BÖLGELERE GÖRE DÜNYADAKİ SU KİTLİĞİNİN DURUMU VE TEHDİTLERİ

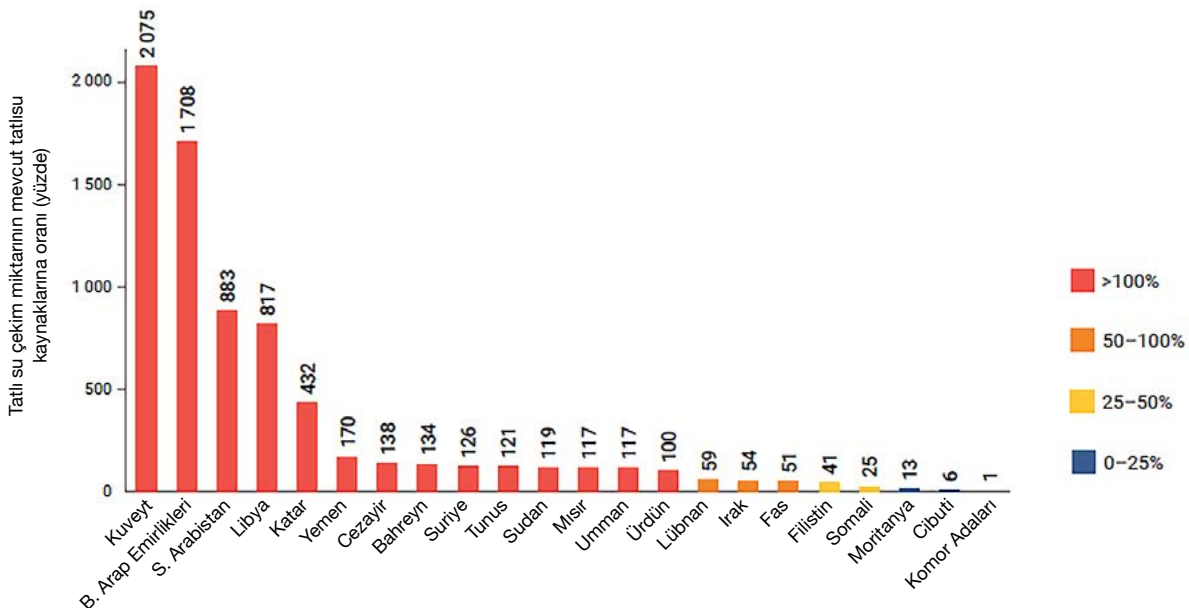
Su kıtlığı küresel bir sorun olmakla birlikte bölgelere göre, hatta su yönetimi uygulamalarının verimi ve sürdürülebilirlik düzeyine göre bölgeler içinde de farklılık göstermektedir. Bu bölümde bölgelere göre su kıtlığını doğuran etmenler ve bunun aşılması için başvuru yöntemlerinin sonuçları değerlendirilecektir.

4.1 Ortadoğu ve Kuzey Afrika

Ortadoğu ve Kuzey Afrika bölgesinin sınırları konusunda literatürde bir uzlaşma bulunmamaktadır. Örneğin BM kurumları "Arap bölgesi" ifadesini, Basra Körfezi'nden Atlas Okyanusu'na ve Somali'ye kadar geniş bölgeyi tanımlamak için kullanmaktadır. Diğer uluslararası kuruluşlar ve sivil toplum örgütleri ise bazen Türkiye ve İran'ı da içine alan Ortadoğu ve Kuzey Afrika bölgesini tercih etmekte ancak bölgeyi Kuzey Afrika'nın en kuzeyindeki ülkelerle sınırlı tutmaktadır.

Sınırları nerelerde tutulursa tutulsun söz konusu bölge dünyanın en fazla su sıkıntısı çeken bölümüdür. Bu bölgede kişi başına düşen yıllık yenilenebilir su kaynağı miktarı dünya ortalamasının 10'da biri kadardır. FAO'nun su veritabanı AQUASTAT'ın 2019 verilerine göre dünyada yenilenebilir su kaynakları yılda kişi başına 7.453 m³ iken "Arap bölgesinde" bu miktar 736 m³'e gerilemektedir^[9].

Arap bölgesinde, nüfusun yaklaşık yüzde 86'sı veya yaklaşık 362 milyon kişi, su kıtlığı veya mutlak su kıtlığı koşulları altında yaşamaktadır^[4]. Dünyada şiddetli



Şekil 10: Arap ülkelerinde su stresi seviyeleri^[4].

su sıkıntısı çeken 17 ülkeden 12'si Ortadoğu ve Kuzey Afrika'dadır^[35].

Bu kıtlık, sınıraşan sulara (Arap ülkelerinde mevcut olan tatlı su kaynaklarının üçte ikisinden fazlası bir veya daha fazla uluslararası sınırı geçmektedir), yenilenemeyen yeraltı su kaynaklarına ve konvansiyonel olmayan su kaynaklarına olan bağımlılığı artırmıştır. Bölgedeki 14 ülke, mevcut tatlı su kaynaklarının yüzde 100'ünden fazlasını kullanmaktadır (Şekil 10).

Bu bölgeye ilişkin tüm öngörüler, su kıtlığının, nüfus artışı ve iklim değişikliği nedeniyle artmakta olduğuna ve artmaya devam edeceğine işaret etmektedir. Bu eğilimler, artan yeraltı suyu tükenmesine, tarımsal üretim için ekilebilir arazi kaybına ve dolayısıyla göçlere neden olmaktadır. Arap bölgesinin tamamında, 2015 yılında yaklaşık 51 milyon insan (veya toplam nüfusun yüzde 9'u) temel içme suyu hizmetinden yoksundur ve bunların yüzde 73'ü kırsal alanlarda yaşamaktadır.

Söz konusu bölgede tatlı su kıtlığı; yüksek nüfus artışı, su kirliliği, çatışma ve işgallerde su altyapısının zarar görmesi ve suyun özellikle tarım sektöründe verimsiz kullanımı gibi çeşitli nedenlerle ağırlaşmaktadır. Sıcaklıkta öngörülen artış ve azalan yağış gibi sonuçlarıyla iklim değişikliği, bu tabloyu daha da ağırlaştırmaktadır. Dünya Bankası, iklime bağlı su kıtlığından beklenen en büyük ekonomik kayba bu bölgenin sahip olduğunu ve söz konusu kaybın 2050 yılına kadar bölge GSYH'sinin yüzde 6'sı ile 14'üne ulaşacağını tahmin edildiğini belirtmektedir^[36].

Bölgenin en az gelişmiş ülkelerinin kentlerinde temiz suya erişimde ve kanalizasyon şebekelerinde büyük eksiklikler vardır. Moritanya'da kentsel nüfusun yüzde 86'sının temel içme suyu hizmetlerine erişimi varken, bu oran kırsal alanlarda sadece yüzde 45'tir. Söz konusu oranlar Yemen'de sırasıyla yüzde 85 ve yüzde 63; Sudan'da ise yüzde 73 ve yüzde 51'dir. Ancak durum sadece bölgenin en az gelişmiş ülkeleriyle sınırlı değildir.

Görece daha müreffeh Fas'ta, kentsel alanlarda temel su hizmetlerine erişim, ülkenin kırsal kesimlerinde sadece yüzde 65'e karşılık yüzde 96'ya ulaşmaktadır.

Yenilenemeyen yeraltı suyu kaynaklarının aşırı çekimi, özellikle Körfez İşbirliği Konseyine (KİK) üye devletlerde büyük bir endişe kaynağıdır. Su güvenliğini sağlamak ve azalan yeraltı suyu seviyelerini eski seviyelerine getirmek için birçok KİK ülkesi bir süredir artılmış atık sularla bu yeraltı rezervlerini yeniden doldurmak üzere projeler yürütmektedir. Bölgenin atık sularının yaklaşık yüzde 82'si yeniden kullanılmamaktadır. Umman, toplanan atık suyun yüzde 100'ünü artmakta ve yüzde 78'ini yeniden kullanmaktadır. KİK ülkelerinde (Bahreyn, Kuveyt, Umman, Katar, Suudi Arabistan ve Birleşik Arap Emirlikleri) toplanan tüm atık suların yaklaşık yüzde 84'ü güvenli seviyelerde artılmakta ancak yalnızca yüzde 44'ü yeniden kullanılmaktadır^[37].

4.2 Asya ve Pasifik

Literatürde Asya ve Pasifik bölgesi, Batı Asya (Ortadoğu ve Anadolu) ile Rusya hariç, Asya toprakları ile Okyanusya olarak da tabir edilen Avustralya, Yeni Zelanda ve Pasifik adalarını kapsamaktadır.

Dünya nüfusunun yüzde 60'ını barındıran Asya ve Pasifik bölgesi^[2], dünya su kaynaklarının sadece yüzde 36'sına sahiptir ve bu da kişi başına düşen su miktarı bakımından dünyadaki en düşük seviyelerden birine (3,920 m³) işaret etmektedir^[40].

Bu bölgede nüfus artışı, kentleşme ve artan sanayileşme gıda güvenliğini tehdit ederken su kalitesini de olumsuz etkilemektedir. Dünyada yeraltı su kaynaklarından en çok yararlanan 15 ülkeden 7'si Asya ve Pasifik bölgesinde yer almaktadır ve araştırmalar bölgede yeraltı suyu kullanımının 2050 yılına kadar yüzde 30 artacağını göstermektedir^[41].

Bölgenin başlıca gıda havzaları olarak bilinen Kuzey Çin Ovası ve Kuzeybatı Hindistan'da sulama talepleri

İsrail Su Yönetiminde Nasıl Örnek Ülke Oldu?

Ortadoğu'da olmasına rağmen İsrail, su kaynakları açısından sürdürülebilirliği yakalayan nadir ülkelerden biridir. İsrail, kendi akut su krizini çözdükten sonra su teknolojisinde örnek ülkelerden biri olmuştur^{[38], [39]}.

2000'li yılların ortasında son 100 yılın en kötü kuraklığını yaşayan İsrail'de su rezervleri tehlikeli seviyelere kadar gerilemiştir. Bunun üzerine ülke genelinde su tasarrufu kampanyası başlatılmış ve bir dizi önlem alınmıştır. 2007'de ülke çapında düşük miktarda su harcayan tuvaletler ve tasarruflu duş başlıklarına geçilirken İsrail'in su otoritesi, sulamada kullanılmak üzere kanalizasyona akan suyun yüzde 86'sını geri kazanan yenilikçi su arıtma sistemleri kurmuştur. Reklam ve tanıtım kampanyası ile su sorununa farkındalık yaratılmıştır. Kampanyadan sonra evsel su tüketimi yüzde 18 düşmüştür.

Bir sonraki aşamada tarımda su kullanımının azaltılması hedeflenmiştir. İsrail zaten damla sulama kullanımında dünya liderlerinden biridir. Miktarın daha da azaltılması için tarım suyu fiyatları artırılmış ve çiftçiler sulamada artılmış atık su kullanmaya teşvik edilmiştir. İsrail'deki sulama suyunun yaklaşık üçte biri hâlen 150'den fazla tesiste arıtılan atık sulardan dağıtılmaktadır.

Ancak en büyük atılım, deniz suyundan tuzun uzaklaştırılması işlemi olan tuzdan arındırma ile gelmiştir. İsrail'in ilk tuzdan arındırma tesisi 2005 yılında Aşkelon'da inşa edilmiştir. Bugün, Sorek, Aşkelon, Aşdod, Palmachim ve Hadera'daki büyük tuzdan arındırma tesisleri faaliyettedir. İsrail'de şu anda içme suyu arzının yaklaşık dörtte biri tuzdan arındırma tesislerinden sağlanmakta ve bu kapasitenin artırılması planlanmaktadır.



Şekil 11: İsrail'de bir tuzlu su arıtma tesisi.

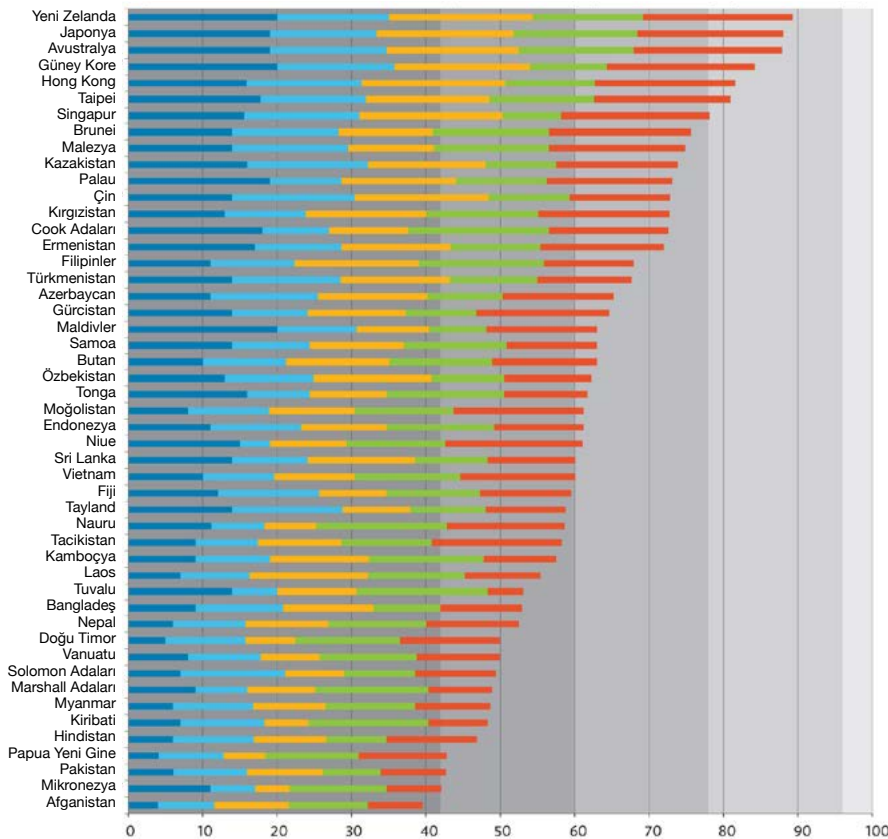
nedeniyle 2000'li yıllarda şiddetli su stresi görülmüştür. Kişi başına düşen su varlığı düşük seviyelerde seyretmiş, atık suların yaklaşık yüzde 80'i artılmadığından bölgede yüksek seviyelerde su kirliliği gözlenmiştir. 2016 yılında, bölgedeki 48 ülkeden 29'u, su mevcudiyetinin düşük olması ve yeraltı suyunun sürdürülebilir olmayan şekilde çekilmesi nedeniyle "su güvencesiz olarak" nitelendirilmiştir. Bölgedeki birçok büyük ve orta ölçekli şehir, eski su temin sistemleri ve yağmur suyunu toplamak ve depolamak için yetersiz altyapı nedeniyle su kıtlığı riskiyle karşı karşıyadır^[41].

Asya'nın gelişmekte olan ülkeleri, son 10 yılda ekonomik ve sosyal refahta etkileyici bir büyüme kaydetmiştir. Örneğin, yoksulluk azaltma programları sayesinde

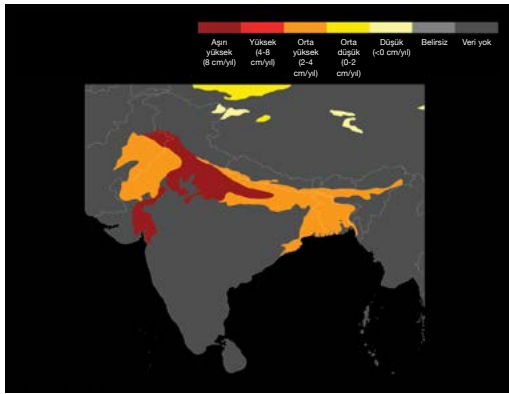
bölgenin gelişmekte olan ülkelerinin yoksulluk oranı 1990-2013 yılları arasında yüzde 53'ten yüzde 9'a kadar düşmüştür^[42]. Bölgede iyi su yönetimi ve insan sermayesi gelişimi, özellikle Asya ve Pasifik'te ekonomik büyümeyi desteklemek ve genel sosyal refahı artırmak için hayati bir rol oynamaktadır. Buna rağmen, kırsal alanlarda yaşayan 1,5 milyar ve kentsel alanlarda yaşayan 0,6 milyar insan hâlâ yeterli su kaynağı ve atık su yönetiminden yoksundur^[43]. Ancak, bölgenin bazı kesimlerinde farklılıklar görülmektedir. Örneğin, Doğu ve Güneydoğu Asya'da kentsel alanlarda nüfusun yüzde 89'unun güvenli içme suyuna erişimi varken, Orta ve Güney Asya'da bu oran yüzde 61'e düşmektedir.

Kentleşme ve küresel iklim değişikliği bölgenin temiz su varlığı üzerindeki baskıyı artırmaktadır. Bölgedeki yaklaşık 300 milyon insanın hâlâ güvenli bir şekilde yönetilen veya temel içme suyu hizmetlerine erişimi yok ve 1,2 milyarı yeterli atık su toplama şebekesine erişimden yoksundur. Hızlı kentleşme eğiliminin 2030 yılına kadar devam etmesi ve 2,5 milyar insanın, başka bir deyişle Asya ve Pasifik bölgesinin nüfusunun yaklaşık yüzde 55'inin kentlerde yaşamıyla sonuçlanması beklenmektedir. OECD'ye göre 2050 yılında bölgede 3,4 milyar insan şiddetli su stresi altındaki yerleşimlerde yaşayabilir^[44].

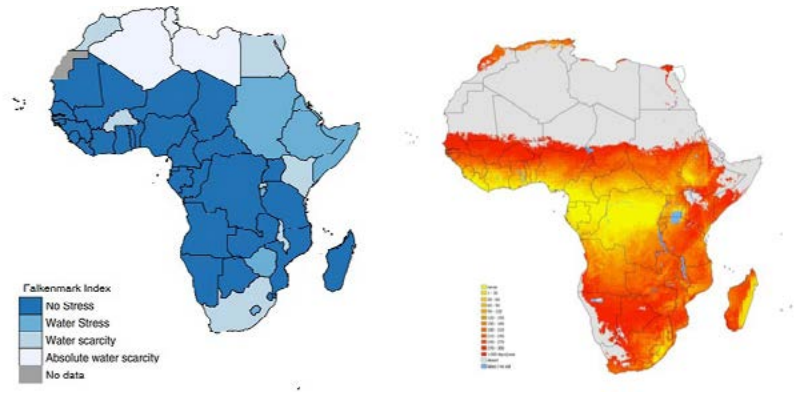
Küresel iklim değişikliği bu tabloyu daha da ağırlaştırabilir. Bölge, dünyada son 30 yılda en fazla doğal afete maruz kalan bölgedir. Dünyadaki felaketlerin 2.845'i, bir başka deyişle yüzde 29'u bu bölgede meydana gelmiştir. Uzmanlara göre bölge, önümüzdeki 20 yıl içinde seller başta olmak üzere su bağlantılı felaketlerden daha fazla etkilenecektir^[45].



Şekil 12: Asya-Pasifik bölgesi ülkelerinde su ve kanalizasyon sistemlerine erişim oranları^[43].



Şekil 13: Hindistan'ın yeraltı sularında azalma miktarı^[35].



Şekil 14: Sahra Altı Afrika'da su stresi seviyesi (solda) ve temiz içme suyuna erişim (sağda) haritaları. Batı ve Orta Afrika'da içme suyu rezervleri yeterli olmasına rağmen suya erişim olanakları son derece kısıtlıdır^{[50], [51]}.

Uzmanlar, tatlı suya erişimin azalmasının gıda üretiminin bozulması, geçim güvenliğinin kaybı, sınırlar içinde ve ötesinde büyük ölçekli göç ve artan ekonomik ve jeopolitik gerilimler ve istikrarsızlıklar dahil olmak üzere bir dizi sonuçlara yol açacağı konusunda hemfikir. Zamanla, bu etkilerin bölge genelinde güvenlik üzerinde derin bir etkisi olacaktır.

Ayrıca, ülkenin sadece yüzde 33'ünün geleneksel kanalizasyon şebekesine erişimi mevcuttur^[48]. Hindistan hükümeti su ve kanalizasyon şebekelerinin yaygınlaştırılması için büyük yatırım yapmaktadır. Su krizinin çözümü su çekiminin yüzde 90'ından fazlasından sorumlu olan tarım sektöründe yeni çözümler yaratmaktır. Örneğin, Muson mevsiminde yağmur suyunun toplanıp kullanılması için Madya Pradeş eyaletinde çiftçilere ucuz kredi verilerek 10.000'den fazla kuyu inşa edilmesi sağlanmıştır. Bu kuyular yağmurla dolmakta ve kurak mevsimde tarımda kullanılmaktadır^[47].

Hindistan'ın su krizinin nedeni olarak genellikle hükümet planlamasının eksikliği, artan kurumsal özelleştirme, yolsuzluk ve israf olarak sıralanmaktadır. Ülke nüfusunun 2050 yılına kadar 1,6 milyara çıkması beklendiğinden

Hindistan'daki su kıtlığının daha da kötüleşeceği tahmin edilmektedir. Küresel su kıtlığının gelecekte ulusal siyasi çatışmaların önde gelen nedenlerinden biri olacağı tahmin edilmektedir.

4.3 Sahra Altı Afrika

Sahra Altı Afrika, coğrafi olarak Sahra Çölü'nün güneyinde yer alan bölgeyi; siyasi olarak, aynı bölgedeki Sudan haricindeki ülkelerin tamamını ifade eder.

Afrika, Dünya topraklarının yüzde 22'sini kapsamaktadır. Ancak kıtanın dünyanın toplam yenilenebilir su kaynaklarındaki payı sadece yüzde 9'dur. Ayrıca, bu su kaynakları dengesiz dağılmaktadır. Afrika topraklarının yüzde 15'ini kaplayan Kuzey Afrika, yılda ortalama 96 mm yağış almaktadır ve Afrika'nın yenilenebilir su kaynaklarındaki payı sadece yüzde 1'dir. Sahra Altı Afrika ise su açısından çok daha zengindir. Debisi yüksek Kongo ve Zambezi nehirleri bu bölgededir. Yüzey alanı açısından dünyanın en büyük ikinci gölü olan Victoria Gölü ile Tanganika Gölü'nün bulunduğu Orta Afrika, kıtanın toplam tatlı su rezervlerinin yarısından biraz fazlasına sahiptir.

Hindistan'ın Su Sorunu Yeraltına da Sirayet Etti

Dünyanın en kalabalık ikinci ülkesi ve dünyanın en büyük yedinci ekonomisi olan Hindistan su krizi yaşamaktadır. 2018'de ülkenin planlama kurulu NITI Aayong, 600 milyon insanın aşırı su stresi ile karşı karşıya olduğunu açıklamıştır.

Bunun nedenlerinin başında ülke nüfusuna göre yetersiz su kaynakları gelmektedir. Hindistan'ın nüfusu dünya nüfusunun yüzde 16'sını oluşturmasına rağmen ülke dünya tatlı su kaynaklarının sadece yüzde dördüne sahiptir^[46]. Ülkede bol yağışlı bilinen Muson mevsimi dört ay sürmesine rağmen bu süre zarfında yeterli yağış alınan süre sadece 30 gündür^[47].

Hindistan'ın su krizinin diğer nedenleri kirlilik ve yeraltı sularının aşırı kullanımıdır. Ülkenin yüzey

sularının yüzde 70'i kirlidir ve büyük nehirleri kirlilik nedeniyle can çekişmektedir^[47]. Ülkedeki hastalıkların yüzde 21'den fazlası kirliliği su ile bağlantılıdır^[48].

Yüzey suları kirlenir ve canlı yaşamına uygunluğunu kaybederken Hindistan halkı giderek daha fazla yeraltı sularına yönelmektedir. Dünyada yeraltı suyu kullanımının yaklaşık yüzde 25'i tek başına Hindistan'da gerçekleşmektedir^[47]. Yeraltı sularının aşırı çekimi bunların seviyelerini kritik seviyelere indirmektedir. Ülkenin kuzeyinde yeraltı sularının seviyesi, 1990-2014 yılları arasında yılda sekiz santimetreden fazla bir oranda azalmıştır (Şekil 13). 2017'de ülkedeki 700 idari bölgeden 256'sı yeraltı su seviyesinin kritik seviyeye gerilediğini bildirmiştir.

Ancak Sahra Altı Afrika da şiddetli su gerilimi altında bulunmaktadır. Bölgede yaşayan yaklaşık 300 milyon insan şiddetli su kıtlığından muzdariptir^[49]. Hızlı nüfus artışı, yetersiz su yönetimi, kirlilik, başta ormansızlaştırma olmak üzere çevresel bozulma, sualtı kaynaklarının aşırı kullanımı, bölgenin su krizinin başlıca nedenleridir.

Nüfustaki hızlı artışa rağmen bölgede kentleşme oranı oldukça düşüktür. Kırsal alanlarda yaşayanlar, Sahra Altı Afrika'nın toplam nüfusunun yaklaşık yüzde 60'ını oluşturmaktadır ve birçoğu yoksuldur. Bölgenin kırsal kesiminde yaşayan beş kişiden üçünün su şebekelerine erişimi bulunmaktadır. Kanalizasyon şebekesine erişimi bulunanların oranı ise yüzde 20'de kalmaktadır. Sahra Altı Afrika ülkelerinde yaşayanların yüzde 10'u artılmamış su içmektedir^[4].

Yüksek ve düşük gelirli nüfusun yoğunlaştığı bu bölgede altyapı eksiklikleri su krizini ağırlaştırmaktadır. Tatlı suyun depolanması, aktarımı ve dağıtımına ilişkin altyapılarda ciddi sıkıntılar bulunmaktadır. Dolayısıyla bölgede yaşanan su sıkıntısı daha çok "ekonomik su kıtlığı" olarak adlandırılmaktadır (Şekil 14).

Küresel iklim değişikliği ile birlikte bölgede su krizinin daha da ağırlaşması beklenmektedir. 2080'e kadar, yağışların bazı bölgelerde yüzde 22 artması, diğerlerinde ise yüzde 33 azalması beklenmektedir^[52].

4.4 Latin Amerika ve Karayipler

Latin Amerika ve Karayipler tatlı su kaynakları açısından zengin bir bölgedir. Latin Amerika, küresel tatlı su kaynaklarının yaklaşık yüzde 30'una sahiptir^[55]. Tahminlere göre, bölgede kişi başına düşen yıllık tatlı su miktarı 28.000

m³'e yakındır. Bu miktar dünya ortalamasının (Yaklaşık 6.000 m³/kişi/yıl) dört katından fazladır^[4]. Ayrıca, 200 bin kilometrekarelik alanıyla dünyanın en büyük sulak alanı olan Amazon Nehri havzasına sahiptir.

Buna rağmen bölge su sıkıntısı çekmektedir. Bunun nedenlerinin başında temiz su kaynaklarının bölgede eşit dağılmaması gelmektedir. Bölgenin çöllerinde ve yüksek rakımlı yerleşimlerinde suya erişimde sıkıntılar bulunmaktadır. Aynı şey Karayip Denizi'ndeki küçük ada devletleri için de geçerlidir. Nüfus artışı ve şehirleşme temiz su kaynakları üzerinde büyük baskı oluşturmaktadır. Meksika'da kişi başına düşen su, nüfus artışı nedeniyle şu anda geçen yüzyılın ortasına göre yüzde 64 daha düşüktür^[56]. Güney Amerika'nın And Dağları'nda, Mart 2000 ile Nisan 2018 arasında yılda 22 ton olduğu tahmin edilen önemli buzul kaybı olmuştur^[57].

Çoğu altyapı sıkıntısı yaşayan ve düzensiz şehirleşen bölgedeki pek çok kentte su sıkıntısı yaşanmaktadır. Latin Amerika'nın en büyük 20 kentinin 16'sı su stresi altındadır.

Bölgedeki milyonlarca insan hâlâ yeterli içme suyu kaynağına sahip değildir. Özellikle bölgedeki birçok şehrin çevresinde var olan yoksulluk kuşaklarında temiz su ve kanalizasyona erişim bulunmamaktadır.

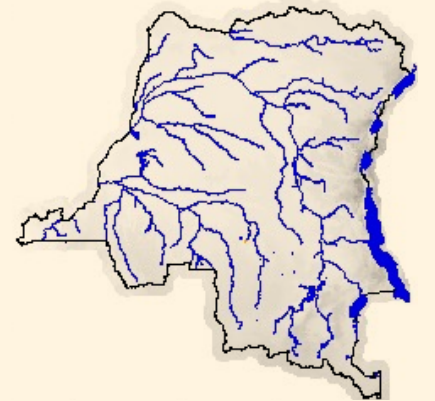
Latin Amerika ve Karayipler bölgesinde su kıtlığının en önemli nedenleri kötü su yönetimi, kirlilik ve iklim değişikliğidir. Bölgedeki su sıkıntısı, tarım, hidroelektrik, madencilik ve hatta içme suyu ve atık su arıtma gibi çeşitli sektörlerin kıt kaynaklar için rekabet etmesi nedeniyle bir dizi çatışmayı körüklemiştir^[58]. Etkili tahsis süreçlerinin güvence altına alınmasındaki başlıca engellerden

Tatlı Su Zengini Demokratik Kongo Cumhuriyeti Neden İçme Suyu Sıkıntısı Çekiyor?

77 milyonluk nüfusuyla Sahra Altı Afrika'nın en kalabalık ülkelerinden biri olan Demokratik Kongo Cumhuriyeti, bölgenin tatlı su kaynaklarının yarısına yakınına sahiptir ve yıllık kişi başı tatlı su miktarı 19.967 m³'e ulaşmaktadır. Ülkede yağmurlar genellikle düzenli ve boldur. Buna rağmen ülkede güvenilir içme suyu tüketimi Afrika ortalamasının altında, kişi başına düşen tatlı su miktarının yüzde 1'inden bile azdır.

Bu durum, ülkenin içme suyu şebekesi açısından oldukça fakir olmasından kaynaklanmaktadır. Ülke nüfusunun yarısından azı (yüzde 46) güvenilir içme suyuna ulaşabilmektedir. Sahra Altı Afrika'da bu oran ortalama yüzde 73'tür. Güvenli içme suyuna erişimin olmaması ülke halk sağlığı üzerinde büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Ülkede her 10 çocuktan biri 5 yaşına gelmeden su kaynaklı hastalıklar (ishal, kolera vb.) nedeniyle yaşamını yitirmektedir. Dahası güvenli içilebilir suyun olmamasından kaynaklanan kötü beslenme nüfusun büyük bölümünü etkilemektedir.

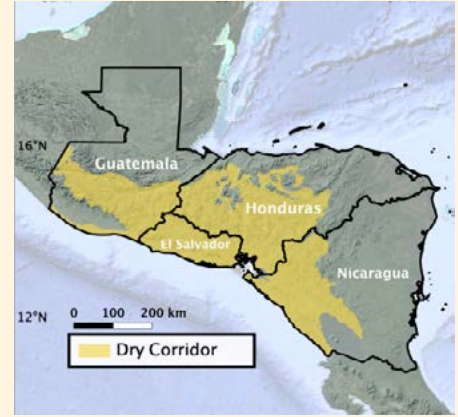
Demokratik Kongo Cumhuriyeti'nde içme suyu şebekesinin bu kadar zayıf olmasının çeşitli nedenleri bulunmaktadır. Bunların başında yönetim sorunları gelmektedir. Ülkede içme suyu ve içme suyu dağıtımını için hayati önem taşıyan elektrik üretim, iletim ve dağıtım altyapısına yatırımlar çok düşük seviyededir. İçme suyuna ilişkin kurumların personel harcamaları çok yüksektir ve adaletsiz ücretlendirme veya dağıtım uygulamalarına yol açmaktadır. Ülkede süren iç çatışmalar da su şebekesine büyük zarar vermektedir^[53].



Şekil 15: Demokratik Kongo Cumhuriyeti'nin yer üstü su kaynakları^[54].

Orta Amerika Kuru Koridoru^[59]

Orta Amerika'nın Büyük Okyanus kıyısında Meksika'dan Panama'ya kadar uzanan bölge "Tropikal kuru orman" olarak anılmaktadır. Bölgede özellikle El Salvador, Guatemala, Honduras ve Nikaragua son yıllarda aşırı iklim olaylarından etkilenmektedir. Söz konusu bölge, El Niño yıllarında, yağışların neredeyse hiç olmadığı uzun süreli sıcak hava dalgalarına maruz kalmakta, yağış miktarı yüzde 30-40 oranında düşmektedir. Son yıllarda bölgede kuraklıklar giderek daha sık ve yoğun hâle gelmektedir. Bölge sakinlerinin yüzde 40 ila 50'si kırsal alanlarda, çoğu yoksulluk sınırının oldukça altında yaşamaktadır. Bölgeyi şiddetli kuraklık veya sel vurduğunda bu bölgede yaşayanların yardım alabileceği çok az altyapı veya hizmet bulunmaktadır. Üstelik bölgenin nüfusu hızla artmaktadır. Bu nedenle son yıllarda bölgeden özellikle ABD'ye yoğun göçler yaşanmaktadır. 2010-2015 yılları arasında El Salvador, Guatemala, Honduras ve Nikaragua'dan göç edenlerin sayısı yüzde 500 artmıştır.



Şekil 16: Orta Amerika Kuru Koridoru^[60]

bazıları, yetersiz düzenleme, eksik teşvikler ve yatırım eksikliği ile bağlantılıdır. Tüm bu faktörler, sonuçta, büyük ölçüde bölgedeki su kaynaklarına atfedilen düşük değeri yansıtmaktadır^[4].

Su kaynaklarının kirliliğine ise büyük ölçüde su havzaları yakınlarındaki madencilik çalışmaları yol açmaktadır. Ayrıca katı atık ve çöp sahalarının su havzalarının kenarında olması tehlike yaratmaktadır. Güney Amerika Sağlık Örgütüne göre kıtadaki katı atık çöplüklerinin yüzde 45'i temiz su kaynaklarına tehdit oluşturmaktadır.

İklim değişikliği bölgedeki su krizini daha da artırmaktadır. Latin Amerika ve Karayipler zaten aşırı iklim olaylarından en çok etkilenen bölgeler arasındadır. Karayipler ve Orta Amerika ülkeleri her yıl sık sık kasırgaların yıkıcı etkisine maruz kalmaktadır. Öte yandan Brezilya, Bolivya, Paraguay ve Arjantin'in Pantanal bölgesinde olağanüstü kuraklıklar ve orman yangınları yaşanmaktadır. Yüzölçümünün neredeyse yarısı ormanlarla kaplı olan Latin Amerika ve Karayipler, dünya ormanlarının

yaklaşık yüzde 57'sine sahiptir ve bu ormanlar dünyanın karbondioksit emilimlerinin büyük bölümünü sağlamaktadır^[56]. Bu nedenle gelecekte daha da şiddetli aşırı iklim olaylarıyla karşı karşıya kalması beklenen bölgenin korunması, küresel bir sorun arz etmektedir.

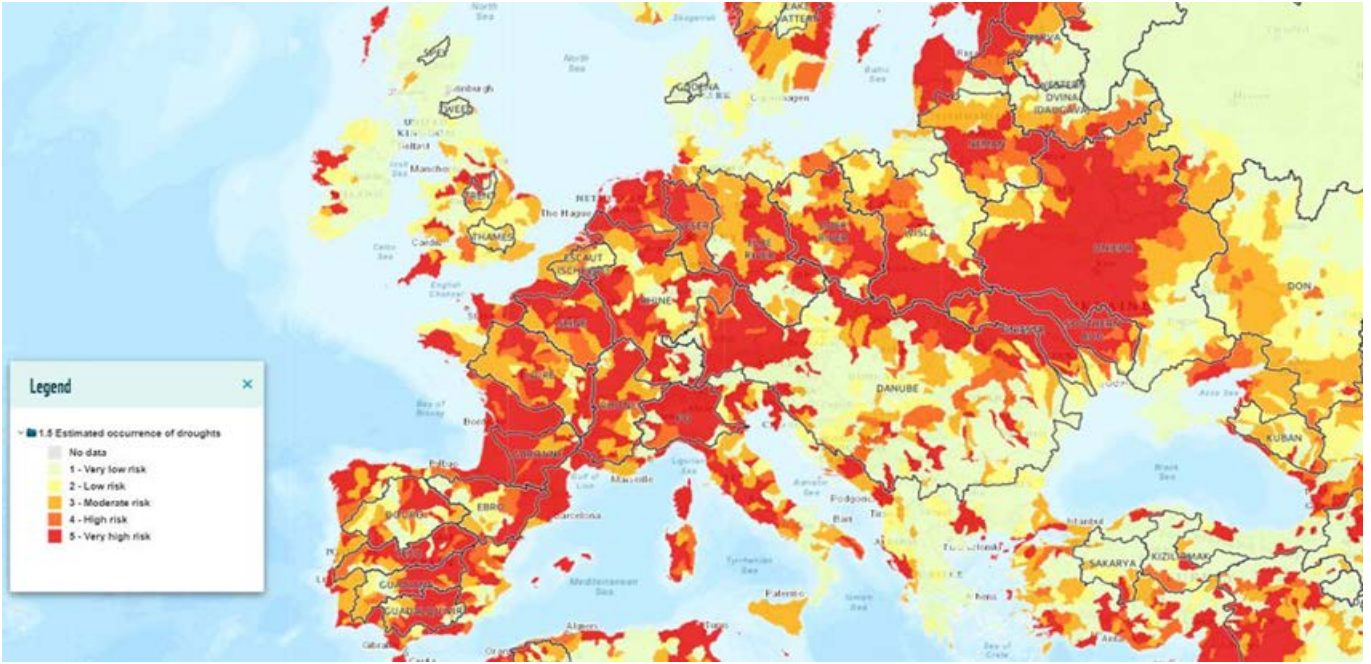
4.5 Avrupa ve Kuzey Amerika

Su kaynakları açısından yapılan bölgesel değerlendirmede, gelişmişlik seviyesi, nüfus yoğunluğu ve su kaynaklarının sürdürülebilirlik seviyesi açısından Avrupa ile Kuzey Amerika genellikle birlikte değerlendirilmektedir. Avrupa, sıklıkla Rusya ve Kafkasya ülkeleri dahil edilerek incelenmektedir. Kuzey Amerika ise genellikle sadece ABD ve Kanada'yı kapsayacak şekilde ele alınmaktadır.

Avrupa ve Kuzey Amerika bölgesi temiz su kaynakları açısından zengindir. Kuzey Amerika'da kişi başına temiz su kaynağı miktarı 15.000 m³'ün, Avrupa'da ise 7.000 m³'ün üzerindedir^[56]. Ancak suya erişim alt bölgelere göre farklılıklar göstermektedir (Şekil 17).



Şekil 17: Kuzey Amerika ve Avrupa'da su riski haritası^[61].



Şekil 18: Avrupa'da kuraklık sıklığı haritası^[62].

Su riski, ABD'nin güney ve batı eyaletleri ile Avrupa'nın güneyinde Akdeniz'e kıyılı Türkiye, İtalya ve İspanya bölgelerinde yüksektir. Ayrıca ulaşım ve endüstriyel kullanım nedeniyle söz konusu bölgelerdeki yüzey temiz su kaynakları (nehirler ve göller) hızla kirlenmektedir. Avrupa Çevre Ajansına göre kıta genelindeki yüzey su kaynaklarının sadece yüzde 40'ı temiz ve kullanıma uygundur^[63]. İklim değişikliğinin, tüm erişilebilir temiz su kaynakları üzerinde etkili olabilecek bu baskıların çoğunu daha da artırması beklenmektedir.

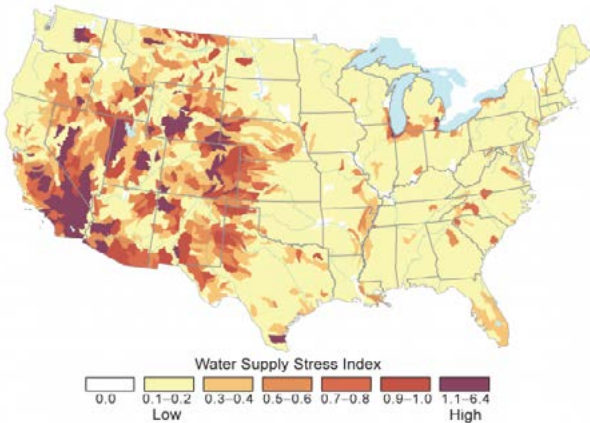
Ayrıca Avrupa'da, çoğu Doğu Avrupa ve Kafkasya'da olmak üzere 57 milyon kişinin evinde içme suyu, 36 milyon kişinin evinde ise kanalizasyon yoktur^[64]. Dünya Sağlık Örgütü Avrupa'da hergün 14 kişinin ishal ve diğer su bağlantılı hastalıktan yaşamını yitirdiğini bildirmektedir^[65].

İklim değişikliği ile kuraklık ve sellerin bölgede artması beklenmektedir. Sadece Almanya ve komşu ülkelerde 2021 yazında yaşanan sellerde 200'den fazla insan yaşamını yitirmiş ve milyarlarca avruluk zarar oluşmuştur^[66].

Avrupa'da kuraklık, selden sonra en önemli ikinci doğal afettir. Avrupa'da, 1950 ile 2014 yılları arasındaki kuraklıkların neden olduğu hasarın olay başına ortalama 621 milyon avro olduğu tahmin edilmektedir^[68]. Bugüne kadar, Avrupa nüfusunun yüzde 11'i ve AB bölgesinin yüzde 17'si su kıtlığından etkilenmiştir (Şekil 18). Kurak geçen ayların sıklığının artması Avrupa'da yeraltı su kullanımını da artırmıştır. Özellikle Ukrayna, Polonya, Almanya ve Hırvatistan'da yeraltı sularının büyük stres altına girdiği kaydedilmektedir^[69].

5. DÜNYADA SU KİTLİĞİ SORUNUNU AŞMAK İÇİN ÇÖZÜM ÖNERİLERİ VE ATILAN ADIMLAR

Önceki bölümlerde özetlenmeye çalışıldığı gibi, gelişmişlik düzeyinden bağımsız olarak dünya'nın geniş bir bölümünde su kıtlığı yaşanmaktadır. Nüfus, kentleşme ve gelir seviyesindeki yükselme gibi nedenlerin dışında iklim değişikliği temiz su kaynaklarının sürdürülebilir şekilde kullanımının önündeki en önemli engel olarak ortaya çıkmakta, mevcut krizi daha da ağırlaştırmaktadır. Gelecekte su kaynaklarına erişimin daha büyük bir sorun olacağına kuşku yoktur. Su kıtlığının hafifletilmesi isteniyorsa; ormanlar, dağlar, sulak alanlar ve nehirler gibi suyla bağlantılı ekosistemlerin korunması ve eski hâline getirilmesi büyük önem taşımaktadır. Birleşmiş Milletler Küresel Kalkınma Hedefleri uyarınca 2030 yılına kadar herkesin güvenli ve erişilebilir içme suyuna kavuşmasını sağlamak için, altyapıya yatırım yapmak, sıhhi



Şekil 19: ABD'de su stresi altındaki bölgeler^[67].

Su Krizi Yaşayan ABD’de İçme Suyu Ulusal Öncelik Hâline Geldi

ABD, son 20 yılda su bağlantılı felaketlerle anılmaktadır. Ülkenin doğusu sık sık kasırga ve sel felaketleriyle anılırken, ülkenin batısı kuraklık ve orman yangınlarından muzdariptir. Ülkenin 204 tarım havzasından 83’ünde su sıkıntısı yaşamaktadır. 2050 yılında su sıkıntısı yaşanan havza sayısının 96’ya çıkacağı tahmin edilmektedir^[70]. Ülkenin 50 eyaletinin 40’ında 2050 yılına kadar su sıkıntısının artması beklenmektedir. Ağustos 2021’de ülkenin güney batı eyaletlerinin bazı kesimlerinde kaynaklardaki aşırı azalma nedeniyle su kesintileri ve tasarruf tedbirleri başlatılmıştır^[71].

ABD’nin büyük bölümü çöllerle kaplı güneybatı kesimi tarihsel olarak kuraktır. Ancak iklim değişikliği ülkede yağış rejimini, yağışlı kesimleri daha fazla yağışlı, kurak kesimleri daha da kurak hâle getirmektedir. Kaliforniya eyaleti tarihinin en kurak yıllarını

yaşamaktadır. Kuraklık yüzey sularını yok etmektedir. 1.450 kilometrelik Colorado Nehri artık denize ulaşmamaktadır^[72].

Ülkenin su krizini körükleyen ikinci etmen artan taleptir. Ülkede su arzı azalırken talep artmaya devam etmektedir. ABD’de kişi başı su tüketimi 80-100 galondur (yaklaşık 300-380 litre) ve günlük tüketim 345 milyar galonu (1,3 milyar m³) bulmaktadır^[73]. Talebi karşılamak için yeraltı sularına başvurulmaktadır. Günümüzde 165 milyon ABD’linin su ihtiyacı yeraltı sularından karşılanmaktadır^[74]. Kaliforniya eyaleti çareyi 11 adet deniz suyu arıtma tesisi kurmakta bulmuştur. Ülkede temiz su kaynaklarının en büyük tüketicisi olan tarım kesiminde hatalı sulama tekniklerine son verilmesi ve hassas tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması için çalışmalar yürütülmektedir.

tesisleri inşa etmek ve her düzeyde hijyeni teşvik etmek gerekmektedir.

Maliyetler ve çeşitli sebeplerle su konusunda adım atılmaması bedeli daha ağır olacaktır. Nitekim küresel iklim değişikliğinin çevresel etkileri hakkında şirketlere danışmanlık hizmeti veren kâr amacı gütmeyen bir kuruluş olan CDP Worldwide’ın 2020 yılında yayınladığı “Küresel Su Raporu”na göre, dünyanın yaşadığı su krizinin aşılması için herhangi bir adım atılmamasının maliyeti, atılmasının maliyetinden beş kat daha fazla olacaktır^[75]. Bu bölümde su krizinin tam anlamıyla çözümlenebileceği hafifletilmesi için ortaya atılan görüşlerden bazıları incelenecektir.

5.1 Dirençli ve Sürdürülebilir Su Sistemlerinin Kurulması

Su küresel bir sorundur ama çözümü öncelikle yerelden başlamaktadır. Dünyada şehirler su açısından büyük stres içinde bulunmaktadır. Şehirlerde son yıllarda atılan adımlara rağmen henüz güvenilir şebeke suyuna ulaşabilen insan sayısı hâlâ çok düşük düzeydedir. Var olanlar da hızla eskimekte ve sık sık arızalanmaktadır.

Su ve atık su altyapıları pahalı ve karmaşık sistemlerdir. İnsani gelişim olanakları ve halk sağlığı tehditlerinden ötürü devletler ve yerel yönetimler söz konusu sistemlerin maliyetini üstlenmektedir.

Son yıllarda su sistemlerinin geliştirilmesi yönünde çarpıcı gelişmeler yaşanmıştır. Örneğin Brezilya’da, güçlü ulusal politikalar ve sektör planları sayesinde atık su toplama ve arıtma hizmetlerinin kapsama alanı yüzde 73’ten yüzde 87’ye kadar çıkarılmıştır. Burkina Faso’da özelleştirilen su idaresi ONEA daha sonra hükümetle bir modernizasyon planı hazırlamış ve bu plan sayesinde 2,5 milyon kişi daha temiz suya kavuşmuştur. Filipinler’in başkenti Manila’da, yeni özelleştirmenin ardından idari verimlilik sağlanmış ve iki milyondan fazla insan daha güvenilir temiz suya kavuşmuştur. Uganda Ulusal Su ve Kanalizasyon Şirketinin (NWSC) ülkede temiz suya

erişim ve sanitasyon konusunda attığı önemli adımlar, kamu performansının iyileştirilmesine, hesap verilebilirliğin ve en yüksek siyasi seviyelerde desteklenen kapasite geliştirme programlarına odaklanmanın getirdiği başarıya örnek gösterilmektedir^[76].

Ancak söz konusu gelişmeler bugünün ihtiyaçlarını karşılamaya yöneliktir. Gelecekte su stresinin artacağı göz önünde bulundurularak su altyapılarına yatırımın bugünden başlaması gereklidir. Ancak söz konusu yatırımların gelecekte yaşanacak şoklara karşı dirençli ve sürdürülebilir olabilmesi gereklidir. Olası şok senaryoları arasında sadece kuraklık veya doğal afetler değil, göçler gibi beklenmedik nüfus artışları ve refah artışına paralel tüketim alışkanlıklarındaki değişiklikler de göz önünde tutulmalıdır.

Şehirlerin su şoklarına karşı direncini artırmak için kentsel yaşamla ilgili tüm kurumların işbirliği ve ortaklıkları ele alan çok seviyeli bir sistem yaklaşımı gerekmektedir. Söz konusu sistemlerin uygun maliyetli ve kapsayıcı olması, ileride daha büyük ekolojik ve toplumsal sorunlara yol açmayacak şekilde planlanması ve yapılması gerekmektedir. Kentlerin su altyapılarının planlanması için sadece kentin değil beslendiği havzalarda yaşayan halkın da ihtiyaçlarını gözeterek ve onlarla birlikte çözüm arayan mekanizmalara ihtiyaç olacaktır^[76].

Dirençli bir sistem, olağanüstü baskıların üstesinden gelebilir, yeni durumlara uyum sağlarken temel işlevlerini yürütmeye devam eder ve modernizasyona açıktır^[77]. Dirençli bir altyapı geliştirmek de zor olacaktır. Şehir planlayıcıları ve mühendislerin, temel temiz ve erişilebilir su beklentisinin yanı sıra su şebekesinin aşırı iklim olaylarında (seller, uzun kuraklıklar vb.) hızla normale dönebilmesini sağlayacak mekanizmalar düşünmesi gerekecek.

Dirençli ve sürdürülebilir su sistemine tam anlamıyla sahip yerleşimlerin sayısı azdır ancak mevcut koşullarda başarılı örnekler vardır. Örneğin Singapur bunlardan biridir. Yeraltı su rezervleri çok az olan ülke-kent, döngüsel

su^[78] veya “sünger şehir”^[79] sistemi yaratmıştır. Şehirde yağmur suyu toplama sistemi aşırı yağışlarda bile sel oluşumunu engelleyecek şekilde tasarlanmıştır. Yağmur suyu 17 rezervuarda toplanmakta ve sekiz arıtma tesisinde içilebilir su hâline getirilmektedir. Ayrıca iki tesis deniz suyunun tuzunu arıtarak içme suyu elde etmektedir. Şehrin atık suları da 3.500 km uzunluğundaki kanalizasyon şebekesi tarafından toplanmakta ve bunlar dört tesiste arıtılmaktadır. Böylece atık suyun yüzde 40’ı yeniden kazanılmakta, 515 kilometrelik ayrı bir şebeke ile içilmez kullanım suyu olarak sanayi ve konutlara verilmektedir^[78].

Geleceğin su dirençli kentleri, daha fazla yağmur suyu toplayan, atık sularını geri kazanan ve daha fazla tuzlu su artıran kentler arasında çıkacak gibi görünmektedir.

Arıtılmış atık suyun kullanımı, sadece kentlerde değil tarım için de cazip hâle gelmektedir. Dünya genelinde yıllık olarak 380 milyar km³ atık suyun üretildiği ve bunun da tarımsal su çekiminin yaklaşık yüzde 15’ine eşit olduğu tahmin edilmektedir^[80]. Kentleşmeyle birlikte, önümüzdeki yıllarda daha fazla atık su mevcut olacak ve bu da, atık suların tarımda ve diğer sektörlerde toplanması, arıtılması ve amaca uygun kullanımı yoluyla kurak alanlardaki su kıtlığının ele alınması için bir fırsat ortaya çıkaracaktır.

Atık su aynı zamanda tarım bitkileri için (gübre gibi) bir besin kaynağıdır. Atık sudan tarım bitkileri için azot, fosfor ve potasyum gibi besinlerin geri kazanımı, tarımda bu besinlere yönelik küresel talebi yüzde 13,4 azaltabilir^[81]. Bu kaynağın geri kazanılması, küresel olarak 13,6 milyar dolar gelir getirebilir^[80].

Ayrıca atık sulardan değerli metaller ve enerjinin yeniden kazanılmasına ilişkin çalışmalar geri kazanım çalışmalarını cesaretlendirir niteliktedir. Dolayısıyla gelecek döngüsel su sistemleri ve atık suların tarım, enerji ve madencilik açısından yeniden kazanımı, belediye açısından yeni iş fırsatları yaratabilir.

Tuzlu suyun artırılması dünyada giderek yaygınlık kazanmaktadır. 2020 yılı itibarıyla 150’den fazla ülkede yaklaşık 20.000 tuzlu su arıtma tesisi kurulu durumdadır ve her gün 300 milyondan fazla kişinin ihtiyacını karşılayacak şekilde 600 milyon litre su artılmaktadır^[82]. Bunlardan en büyüğü olan Suudi Arabistan’daki Ras Al Khair’de günde 1 milyon m³’ten fazla tuzlu su artılmaktadır^[83].

Son yıllarda yeni tekniklerin gelişmesiyle tuzlu su arıtma maliyeti görece düşmüş olmakla birlikte, yüksek enerji kullanımından ötürü hâlâ pahalı bir yöntem olmayı sürdürmektedir. Ayrıca ayrıştırılan tuzun depolanması da bir sıkıntı yaratmaktadır. Aynı şekilde atık suyun artırılarak yeniden kullanımı, aşırı enerji tükettiği için eleştirilmektedir.

Tarımda dirençli ve sürdürülebilir su sisteminin kurulması için ise ülke çapında bir yapılanmaya ihtiyaç vardır. Suya duyarlı tarıma geçiş için, daha yüksek sıcaklıklara ve daha uzun kuraklıklara uygun mahsullerin ekilmesi ya da mahsul verimini artırırken enerji ve su kullanımını en aza indiren uygulamaların benimsenmesi gereklidir. Ancak dünyadaki tarım işletmelerinin küçük aile işletmeleri olması ve bunların mali güçlerinin düşük olması

nedeniyle bu yöndeki değişim kamu otoritelerinin teşvikiyle mümkün olabilecektir. Örneğin, akıllı sulamaya geçiş gibi uygulamalar geniş alanlarda uygulanmadıkları takdirde verimli olmayacaktır. Verimliliği sağlamak için farklı işletmelere ait topraklarda sistemlerin kurulması, bunun için ise çiftçilerin birlik oluşturmalarının teşviki gerekebilir. Bu tür uygulamaların daha geniş çapta benimsenmesi, sübvansiyon rejimlerinde değişiklikler, altyapı veya yayım hizmetlerine yapılan kamu yatırımları, tarım sigortaları ve çiftçi kredilerine erişimin artırılması dahil olmak üzere teşviklerin getirilmesini gerektirir.

5.2 Yeni Teknolojilerle Suyun Durumu ve Kullanımının Takibi

Temiz su kaynaklarının verimli kullanımı için öncelikle söz konusu kaynakların sağlıklı, şeffaf ve güvenilir biçimde izlenebilir olması gerekmektedir. Yeni teknolojiler bu izlemeyi kolaylaştırmaktadır.

5.2.1 Uzaktan Algılama Uyduları İle Su Kaynaklarının Anlık Takibi

Söz konusu uydular, suyun durumunun neredeyse anlık olarak takibini mümkün kılan bir dizi sensöre sahiptir. Söz konusu sensörler çok sayıda faktörü takip edip ölçümler yapabilmektedir. Bu da su kaynaklarının takibinde devrim yaratacak kabiliyetlere artık sahip olunabileceği anlamına gelmektedir^[84]. Uydu görüntüleri ve diğer gözlem araçları, geleneksel yer tabanlı yöntemlerin su kaynağını ölçemediği bölgelerde su temini hakkında yeni bilgiler sağlamaktadır. Örnek olarak, 2021’de başlatılan NASA ve Fransa arasındaki ortak bir uydu görevi olan Yüzey Suyu Okyanus Topografyası Misyonu (SWOT), Dünya’daki suyun ilk küresel araştırmasını sağlamak ve su kütlelerinin zaman içinde nasıl değiştiğini ölçmek için radar teknolojisini kullanmaktadır^[85].

Bir diğer girişim Digital Earth Africa (DEA) platformudur. DEA, uydu verilerini gelişmiş algoritmalar ve makine öğrenmesiyle analiz edebilmekte ve elde edilen bilgileri Afrika ülkeleriyle paylaşmaktadır.

İnterferometrik Sentetik Açıklıklı Radar (InSAR) gibi gelişmiş uydu izleme teknolojileri de yeraltı suyu yönetimiyle ilgili veri açığını kapatmaya yardımcı olmaktadır^[86].

InSAR, yörüngedeki uydulardan alınan radar görüntülerini kullanarak dünya yüzeyi deformasyonlarını tanımlayan bir haritalama tekniğidir. Bulutsuz bir gökyüzü altında gün boyunca görüntüleri tespit etmek için görünür veya kızılötesi ışın kullanan geleneksel uydu görüntülerinin aksine InSAR radar teknolojisi ile yeryüzünü her türlü hava koşulunda, gece ve gündüz, 1 santimetrelik hassasiyetle izlemek mümkündür. Yeraltı suyunun aşırı çekildiği veya yeniden doldurulduğu durumlarda, InSAR gelişmeyi gözlemleyebilir ve gerekli makamlara haber verebilir.

5.2.2 Nesnelerin İnterneti, Fiziksel ve Sanal Sensörlerle Önleyici Tedbirler

Suyun toplanması, iletilmesi ve dağıtılması karmaşık ve yüksek maliyetli bir yatırım gerektirdiği gibi sık sık çıkan arızalar, kaçaklar ve tıkanmalar nedeniyle sistemin

idamesi de zordur. Sistemdeki sorunların en kısa sürede tespitinin büyük ekonomik getirileri olacaktır. Bu nedenle sistemin anlık olarak takip edilmesi büyük önem taşımaktadır.

21'inci yüzyılın teknolojileri sistemin anlık takibini mümkün kılabilir. Nesnelerin interneti uygulamaları, çoğu yeraltında olan kilometrelerce su şebekesinin fiziksel olarak mümkün olmayan takibini mümkün kılabilir. Giderek küçülen ve maliyeti düşen fiziksel sensörler şebekelerdeki gerilimleri, kaçakları ve tıkanmaları anında tespit edebilmektedir.

Sanal sensörler ise fiziksel sensörlerin çalışmasının mümkün olmadığı bölgelerde devreye alınabilmektedir. Bu sanal sensörler, fiziksel bir sensör çıktısının ne olacağını belirlemek için çeşitli makinelerden gelen bilgileri işlemek için tımdengelimli akıl yürütmeyi kullanan yapay zekâ yazılımı kullanmaktadır.

Bu üç kaynaktan alınacak doğru ve anlık bilgiler su yönetimine yepyeni ufuklar açmaktadır. Makine öğrenmesi, daha ayrıntılı tahminler geliştirmek için fiziksel veya sanal sensörlerden veri toplayarak hizmet sunumunu iyileştirmeye yardımcı olacak başka fırsatlar sunmaktadır. Verileri işleyen algoritmalar sayesinde elde edilen sonuçlar, hem su yöneticileri hem de paydaşlar için anlaşılabilir ve erişilebilir şekilde arayüzlere aktarılabilir.

Fiziksel sensörler zorlu ortamlara dayanmadığında, çok pahalı olduğunda veya fiziksel sensör okumalarında anormallikler devam ettiğinde, sanal sensörler özellikle faydalı olacaktır. Sanal sensörler ve nesnelerin interneti özellikli izleme sistemleri, sadece su sistemlerindeki sızıntı, kayıp ve kaçakları tespit etmekle kalmaz, tarihsel verileri analiz ederek daha kapsamlı çözümler de önerebilir. Böylece altyapı risklerini tahmin etmeye ve değiştirmek için planlarının hazırlanmasına yardımcı olabilir. Örneğin bu konuda İngiltere'de bir çalışma başlatılmıştır. Sızıntı ve kaçaklar nedeniyle her gün 45 milyar litre su kaybının yaşandığı ülkede^[18], su şebekesi boyunca fiber optik kablo döşenmesine başlanmıştır. Fiziki ve sanal sensörlere sahip sistem ile 2025 yılına kadar su kaçaklarının en az yüzde 15 azaltılması hedeflenmektedir^[87].

Söz konusu teknolojiler suyun en büyük tüketicisi olan tarım sektöründe suyun verimli kullanılması için de büyük potansiyel sunmaktadır. Örneğin, dünyanın en büyük sulama sistemlerinden biri olan Pakistan'ın Indus Nehri havzasındaki 90.000 km uzunluğundaki su kanallarının nesnelerin interneti ve sensörle takip edilmesi için de bir çalışma başlatılmıştır. Sistem sadece kayıp, kaçak ve arızaları tespit etmekle kalmayacak, suyun adil paylaşımına da imkân verecektir^[88].

Yeni teknolojiler atık suların toplanmasında da fayda sağlayabilir. Özellikle izleme sistemleriyle donatılmış ortak tuvaletler, salgın hastalıkları engellemeye yardımcı olmak amacıyla dijital sağlık bilgilerini toplamak için de kullanılabilir. Örneğin, uluslararası yardım örgütü Toilet Board Coalition, tuvaletleri gelişmiş sensörlerle donatıp mobil teknoloji, nesnelerin interneti uygulamaları ve yapay zekâ ile ucuz, etkili ve düzenli sağlık kontrolü üzerinde çalışmaktadır^[89].

5.2.3 Blokzincir Tabanlı Su Yönetim Sistemleri

Blokzincir teknolojisi, belediyelere, su kalitesi bilgilerini şeffaf, açık ve erişilebilir bir şekilde, üçüncü şahısların kurcalamasına karşı korunarak kaydetmeleri için potansiyel fırsatlar sunmaktadır. Blokzincir tabanlı akıllı sözleşmelerin kullanılmaya başlaması bazı bölgelerde onarımları engelleyebilecek uzun bürokratik süreçlerin önüne geçebilir, onarım ve ödemelerin hızlı biçimde gerçekleşmesini sağlayabilir. Bu da işlemlerin şeffaflığını ve hizmetlerin çevikliğini artırırken, su stresi altındaki bölgelerde su tasarrufu önlemlerinin zamanında ve en adil biçimde hayata geçirilmesine yardımcı olabilir^[90]. Bu teknolojinin su yönetim sistemlerinde kullanımı için çalışmalar başlamıştır. Avustralya'nın Yeni Güney Galler Eyaleti'nin su sisteminde blokzincir uygulamasının hayata geçirilmesi için çalışmalar yürütülmektedir^[91]. Blokzincir uygulamaları, kritik önem taşıyan su altyapılarına yönelik siber saldırılara karşı da önemli bir kalkan görevi görebilmektedir. Bazı teknoloji şirketleri blokzincir tabanlı "Su Yönetim Sistemleri" geliştirmiştir^[92]. Söz konusu sistemler, sistemdeki kaçak ve arızaları tespit etmekten tüketici memnuniyetinin artırılmasına kadar tüm süreçlerde karar alıcılara sistem üzerinde tam kontrolü sağlamalarında yardımcı olma iddiasındadır^[93].

5.2.4 Otonom Araçlarla Kırsal Alanda Denetim

21'inci yüzyılın yükselen teknolojilerinden otonom araçlar da su yönetimlerinin hizmetine sunulmaya hazırlanmaktadır. Kara, hava, suüstü ve sualtından insansız hava araçları su sistemleri yöneticilerine çeşitli avantajlar sunmaktadır. Bunların başında su toplama havzaları ile iletim hatlarının anlık takibi ile optimizasyonu gelmektedir. Bunlar özellikle kırsal alanda iletim hatları ile dağıtım şebekelerinin gerçek zamanlı takibine yardımcı olabilir.

İkincisi; otonom araçlar, su havzalarını havadan, suüstünden ve sualtından takip ederek, yapılaşma, endüstriyel atıklar ve kimyevi maddelerin yarattığı tehditlerden zamanında haberdar olabilir.

Üçüncüsü; su sistemleri yöneticileri söz konusu araçlarla su kalitesini ve miktarını gerçek zamanlı olarak takip ederek, olası sağlık acil durumları veya su kıtlığı durumlarında önlem alabilir. Hollanda hükümeti, otonom araçların su sistemlerinde kullanılması için bir pilot proje başlatmıştır^[94].

5.3 Tarımda Suyun Verimli Kullanımı

Suyun tarımsal kullanımında ana hedef; daha az su ile daha fazla üretmek ve birim sudan maksimum faydayı elde edebilmektir. Bu hedefe yönelik olarak ilk seçenek tarımda kullanılan suyun verimliliğini artırmak, su kaynağını nicelik ve nitelik olarak üst seviyede tutabilmektir. Tarımda kullanılan suyun verimliliğini; havzadaki bitki örüntüsü, sulama programları, sulama yöntemi ve su kaynağının seçimi konusundaki kararların doğruluğu doğrudan etkilemektedir^[95].

Dünya tarımı, küresel su kaynaklarının yaklaşık yüzde 70'inden fazlasını kullanmaktadır^[96]. Bu nedenle gelecekte su stresinin artacağı öngörüsüyle, tarım amaçlı sulama sistemlerinin de yeniden düşünülmesi, tasarlanması

ve uygulanması gerekecektir. Yenilikçi, katılımcı ve çevre hassasiyeti daha yoğun ve çözüm refleksleri daha güçlü olan bir su yönetimine ihtiyaç vardır. Sulama uygulamalarının iyileştirilmesiyle; su kaynaklarının ve ekolojik dengenin korunması, su ve gübre kullanım etkinliğinin artırılması, verim ve kalitede artış, sulama maliyetlerinin azaltılması, enerjiden tasarruf sağlanması, toprak kalitesinin korunması, ekonomik kalkınmanın sağlanması, diğer sektörlere kaynak aktarımı gibi çok sayıda fayda sağlanacaktır^[95]. Dünyada tarımda suyun verimli kullanılmamasına ilişkin çeşitli nedenler dile getirilmektedir.

5.3.1 Suyu Rezervlerden Tarım Arazilerine İletirken Oluşan Kayıplar

Dünyada sulama yapılan araziler toplam tarım arazilerinin yaklaşık beşte birini oluşturmasına rağmen tarımsal üretimin yaklaşık beşte ikisi bu alanlardan elde edilmektedir. Bu açıdan bakıldığında tek başına sulama yapılmasının bile yağmur suyuna dayalı tarımdan daha verimli olduğu görülmektedir. Ancak sulama yapılan alanlar yetersiz olduğu gibi bir dizi sorunla da boğuşmaktadır.

Bunların başında su kayıpları gelmektedir. Sulama altyapısı inşası ve idamesi pahalı olduğu gibi çoğu zaman randımanlıdır. FAO'ya göre, tarım sulama şebekelerine aktarılan temiz suyun yaklaşık yüzde 40'ı tarlaya ulaşmamaktadır^[8]. Buharlaştırma, sızıntı, kaçaklar ve su hırsızlığı bu kaybın en önemli nedenleri arasında bulunmaktadır. Birçok ülkede kayıplar göz önünde tutularak sulama şebekesine ihtiyacın iki üç katı su verilmekte ve bu da kayıpları daha da artırmaktadır^[95].

Söz konusu nedenlerden ötürü, sulama sistemlerinin verimliliğinin artırılmasının ilk şartlarından biri yeni teknolojilerden yararlanarak etkin su yönetimi sisteminin kurulması olmalıdır. Su yönetim sistemleri;

- Su kayıplarının nedenlerinin en kısa sürede tespit edilmesini ve giderilmesini,
- Havzaların su ihtiyacının tespit edilerek gerektiği miktarda su salımının yapılmasını,
- Kaçak su kullanımının önüne geçilmesini,
- Adil bir dağıtım ağının oluşturulmasını,
- Aşırı kullanıma karşı caydırıcılık kazandıracak fiyatlandırmanın yapılabilmesini sağlayabilecektir.

5.3.2 Yanlış Sulama Teknikleri ve Su İsrafı

Bitkilerin optimum gelişebilmeleri için ihtiyaç duydukları miktarda ve zamanda su verilmesi gerekmektedir. Ancak dünyanın büyük bölümünde sulamanın bilinçsiz şekilde yapıldığı ve genellikle suyun aşırı kullanıldığı gözlemlenmektedir. Suyun aşırı kullanımı sulama randımanını düşürmekte, tuzlanma ve göllenme ile kirlilik gibi çevresel sorunlara neden olmaktadır. Ayrıca su israfı, drenaj sistemlerinin kurulmasını gerektirmekte, daha yüksek kapasiteli dağıtım ve drenaj şebekeleri için daha fazla kaynak ayrılmasını zorunlu kılmaktadır. Dolayısıyla maliyetler artmaktadır.

Sulama suyunun daha verimli kullanılması, daha az su ile daha fazla ürün üretilmesine yardımcı olabilir.

Dünyada suyun tarlada verimli kullanılması için çok sayıda alternatif geliştirilmiştir. Fıskiye sistemleri, damlama sulama, toprakaltı damlama sulama bunlardan bazılarıdır. FAO'ya göre söz konusu tüm sistemler yüzde 30 ila yüzde 60 arasında değişen su tasarrufu sağlamaktadır^[8]. Ancak söz konusu sistemlerin her birinin yüksek yatırım maliyeti, arıza sıklığı ve su kaçağı gibi zayıf yönleri bulunmaktadır.

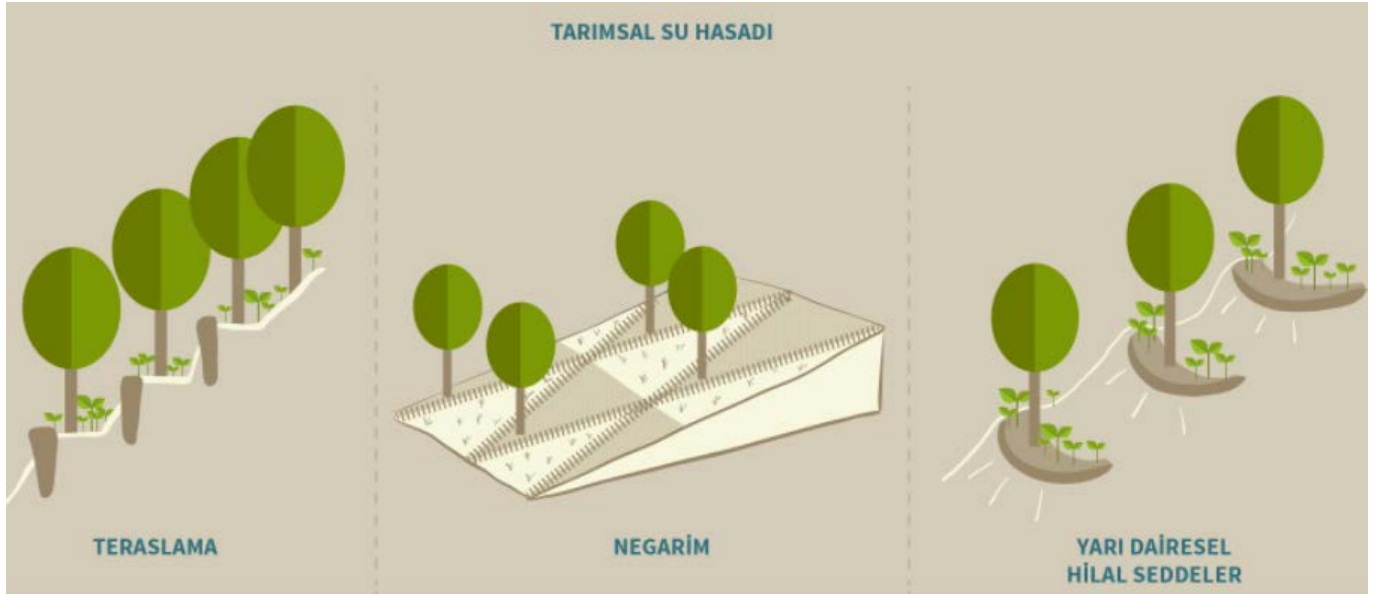
Günümüz teknolojileri suyun en uygun biçimde kullanımını için de çözüm geliştirmiştir. Hassas tarım uygulamaları bunların başında gelmektedir. Hassas tarım; küresel konum belirleme sistemleri, coğrafi bilgi sistemleri, değişken oranlı girdi uygulama ve uzaktan algılama gibi teknolojilerden yararlanarak diğer tarım girdilerinin yanı sıra su verimliliğini de optimal seviyeye çıkarmaktadır.

Bangladeşliler Tarlada Balık Yetiştiriyor

Aşırı su kullanımı tatlı su balıkçılığının verimini azaltmaktadır. Oysa her ikisini de aynı zamanda artırmak mümkündür. Örneğin Bangladeş'te çeltik üreticileri yıl içinde üç kez çeltik dikimi yaparken bunlardan birini karides yetiştirmeye ayırmakta ve böylece hem böcek sorununu gidermekte hem de tarlalarından aldıkları verimi artırmaktadır^[98]. Ülkenin kuzeybatısındaki Barind bölgesinde ekim alanları düzenli olarak su altında kalmakta, bu da çeltik yetiştiriciliğini olumlu yönde etkilemektedir. Ancak sürekli olarak çeltik ekimi toprağın verimini azaltmaktadır. Bunun yerine yılda bir mevsim söz konusu su altında kalan yaklaşık iki milyon hektardan fazla alanda karides yetiştiriciliği yapılabileceği, yaklaşık 9,4 milyar dolar ek kazanç elde edilebileceği tahmin edilmektedir^[99]. Üstelik karidesler tarım toprağının kalitesini artırmakta ve pirinç rekoltesinin de arttığı görülmektedir. Ayrıca karides yetiştiriciliği sayesinde Bangladeş'in söz konusu bölgesinin küresel iklim değişikliğinden daha az etkilendiği de kaydedilmektedir.



Şekil 20: Bangladeş'te çeltik tarlasında karides yetiştiren bir çiftçi.



Şekil 21: Tarımsal su hasadı yöntemleri^[100].

Ancak hassas tarım uygulamaları ilk yatırım miktarı yüksek olduğu için küçük işletmeler için verimsiz bir tercih olacaktır. Söz konusu küçük işletmeler (tarım arazisi miktarı 10 hektarın altındaki işletmeler) günümüzde birçok ülkede tarım işletmelerinin dörtte üçünden fazlasını oluşturmaktadır^[97].

Dolayısıyla tarımda su kullanımı açısından en uygun sistem mevcut değildir. FAO, söz konusu “en uygun sistemin”, “mikro yerel şartlara”, yani tarlanın bulunduğu havzanın iklim koşulları, bölgedeki enerji kaynakları ve fiyatları, işgücü mevcudiyeti, yeraltı suyu kaynaklarının derinliği ve altyapı maliyetleri dahil olmak üzere bir dizi faktöre bağlı olacağını belirtmektedir. Küçük üreticilerin bu konularda bilgilendirilmesi ve yönlendirilmesi, su verimliliğinin artırılması için büyük önem taşımaktadır.

5.3.3 Yerel Kaynaklardan Alternatif Su Temini ve Yeniden Kullanımının Düşük Olması

Dünyada tarım arazilerinin büyük bölümünde yağmura dayalı tarım yapılmasına rağmen, kurak mevsimlerde kullanılmak üzere su depolaması çok az yapılmaktadır. Tarımda son yıllarda “yağmur suyu hasadı” denilen yöntemle yağmur suyunun tarlada veya ekim alanlarına en yakın alanda veya yeraltında depolanmasına yönelik çalışmalar hızlanmıştır. Bu amaçla tarım arazilerinin yakınındaki küçük akarsu kaynaklarına küçük bentler inşa edilmekte, ekili arazilerin yakınına yağmurda açılarak su dolması sağlanan büyük depolar konulmakta veya açık kuyular kazılmaktadır.

Yağmur suyu hasadının bir başka yöntemi teraslama. Teraslama teknikleri, toprak erozyonunu ve sedimentasyonu azaltma, toprakta suyun depolanmasını ve toprak üretkenliğini artırmanın bir aracı olarak uzun zamandır kullanılmaktadır.

Su hasadı yöntemi şehirlerde içme suyu şebekesinin kurulu olmadığı genellikle yoksul ve plansız mahallelerde de su toplanması için kullanılmaktadır. Brezilya'nın Rio

de Janeiro ve Sao Paulo gibi büyük metropollerinin gecekondu mahallelerinde binaların üstlerinde çok sayıda yağmur suyu toplama tankları yerleştirilmiştir. (Şekil 22)

Tarımda evsel atık su, drenaj suyu ve tuzlu su kullanımına ilişkin olanaklarda araştırılmaktadır. Evsel atık sular, tahminlerin aksine tarımda oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü, dünya nüfusunun yüzde 10'undan fazlasının atık su ile üretilen gıdaları tükettiğini tahmin etmektedir^[101]. Fakat bunların kullanımı sağlık açısından büyük sakıncalar yaratmaktadır. Atık suların artıldıktan sonra kullanımında ise sağlık açısından sakınca bulunmadığı gibi toprağın ihtiyacı olan bazı mineraller karşılanabilir.

Drenaj suyu ise daha güvenlidir. Tarımda kullanılan suyun fazlası drenaj sistemleri ile yeniden kullanılabilmektedir. Ancak drenaj suları sulamada ilk kullanılan sudan kalite olarak daha düşüktür ve çoğunlukla daha tuzludur. Bu nispeten tuzlu suların kullanımı, toprak tuzlanmasına neden olabileceğinden tarımsal ve çevresel riskler doğurur. Bu nedenle, drenaj suyunun daha çok, tuz toleransı yüksek bitkilerin tarımında kullanılması tavsiye edilmektedir. Bu riske rağmen drenaj suyunu başarıyla kullanan



Şekil 22: Sao Paulo'da yağmur suyu toplama tankları.

Valencia Tarımda Atık Suyu Başarıyla Kullanıyor

Real Acequia de Moncada, İspanya'nın Valencia kentinde bulunan ve sulama için arıtılmış atık suyu başarıyla kullanan asırlık bir sulama sistemidir. Real Acequia de Moncada, en yakın atık su arıtma tesisinden elde edilen arıtılmış atık suyu kullanmaktadır. Tarımın faydaları, özellikle mahsulün su gereksinimlerinin daha yüksek olduğu ve suyun kıt olduğu kurak yaz aylarında, çiftçiler için su temininde ek kaynak oluşturmaktadır. Aynı zamanda, tarımda arıtılmış atık suyun kullanılması, bu suyun denize pompalanmasını önleyerek, su ortamlarını korumaktadır. Valencia'nın büyük kısmı Ortaçağ'daki Endülüs İslam Devleti'nden kalma geleneksel sulama sistemlerini kullanmaktadır. Söz konusu sistemde yüzyıllardır atık sular da tarımsal sulamada kullanılmaktadır. Atık su kullanımı teşvik edilmektedir. Bunun birkaç nedeni vardır. Birincisi, yüksek düzeyde su kıtlığı ve tekrarlayan kuraklıklar, sulama için tatlı su mevcudiyetini azaltmıştır. İkincisi, Valencia'daki geleneksel sulama sistemleri, sulama için her zaman atık suyu, hatta arıtılmamış olarak kullanmıştır. Son olarak, atık suyun arıtılmasıyla ilgili tüm masraflar kanalizasyon ücretleri ile finanse edildiğinden, arıtılmış atık su hiçbir ek ücret ödmeden çiftçilere sağlanmaktadır.



Şekil 23: Valencia'nın atık sulu sulama kanalları.

ülkeler bulunmaktadır. Örneğin Mısır, tuz dengesini bozmadan yıllık tatlı su çekimlerinin yüzde 10'undan fazlasını drenaj suyundan elde etmektedir^[102].

5.4 Gıda Kaybını ve İsrafını Azaltmak, Sürdürülebilir Beslenmeyi Benimsemek

Su stresini azaltmanın bir yolu da tüketimi azaltmaktır. Doğrudan su tüketimini azaltma başlıca çare olmakla birlikte, tüketim alışkanlıklarındaki dolaylı değişimler de büyük fark yaratabilir. Örneğin BM, gıda kaybını ve israfını azaltırken sürdürülebilir beslenmeyi benimsemek gibi yaşam tarzı değişikliklerinin, gıda üretimi için gerekli su kullanımı üzerinde önemli bir etkiye sahip olabileceğini belirtiyor. Üstelik bu değişiklik, fazladan gıda üretimine ve ilgili kaynak gereksinimlerine ihtiyaç duymadan gıda mevcudiyetini artırabilir^[103].

FAO tahminlerine göre tüm dünyada israf edilen yiyeceklerin üretimi için, küresel olarak tarımda kullanılan tatlı suyun yüzde 24'ü harcanmaktadır^[104]. İsraf, yiyeceklerle sınırlı kalmamakta bunların üretilmesi için harcanan suyu da kapsamaktadır. FAO tahminlerine göre israf edilen gıda mahsullerinin küresel üretiminin, gıda mahsulü üretiminde kullanılan toplam tatlı su kaynaklarının yüzde 24'ünü oluşturmaktadır.

FAO sürdürülebilir beslenmeyi; besleyici, güvenli, sağlıklı, ekosistemi koruyucu, ulaşılabilir, adil, ekonomik olarak erişilebilir, doğal kaynaklı yaşam biçimi olarak tanımlamıştır^[105]. Bu tür beslenme, tüketilen et miktarını en aza indirmeyi, şeker ve yüksek oranda işlenmiş gıda tüketimini azaltmayı, yaş ve kuru yemişlerle sebzelerin tüketimi artırmayı öngörmektedir.

Sürdürülebilir beslenmeye geçiş mevcut beslenme türüne kıyasla gıda üretimi için su kullanımını yaklaşık yüzde 4 ile yüzde 21 oranında azaltabilir^[106]. Bu değişimin sağlanması küresel gıda üretim ve tüketim sistemlerinde devrim yaratabilir ve küresel gıda fiyatlarını önemli ölçüde azaltabilir. Bunun çok daha az toprak ve su kullanımı ile çok daha az atık üretimi de dahil olmak üzere çok sayıda olumlu sonucu olabilir.

5.5 Yeni Temiz Su Yöntemlerine Yönelmek

Tarımda, yerleşimlerde ve sanayide temiz su ihtiyacını karşılamak üzere bugüne kadar çok sayıda alternatif geliştirilmiştir. Önceki bölümlerde değinildiği üzere, konut ve şehirlerde yağmur suyu hasadı, sulama sularının yeniden kullanılması, şehirlerin gri dışı (tuvalet dışı evsel ve endüstriyel atık sular) ve kahverengi suyun (tuvalet suyu) arıtılıp sulama ve içme dışında kullanım suyu olarak kullanılması ve tuzlu suyun arıtılması bunlar arasında bulunmaktadır.

Günümüzün teknolojileri, özellikle nano teknoloji, katmanlı imalat ve biyoteknoloji yeni temiz su üretme yöntemlerinin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Öyle ki su, başlıca inovasyon alanlarından biri hâline gelmiş, bu alandaki araştırmalar devletler tarafından olduğu kadar, uluslararası örgütler, hayır kurumları ve sivil toplum örgütleri tarafından da desteklenmektedir. Su alanında çok sayıda start-up ortaya çıkmıştır ve bunlar ölçeklenebilir çözümler ortaya koymaktadır. Bunlardan bazıları bu bölümde sıralanacaktır.

5.5.1 Atmosferdeki Buhardan Su Elde Edilmesi

Atmosferde (12. 900 km³) dünyadaki nehirlerin (2.120 km³) altı katı kadar su vardır^[22]. Atmosferdeki su henüz kullanılmamış devasa bir kaynaktır. Ancak bu alanda çözüm üreten firmaların sayısı son yıllarda hızla artmaktadır. Kenya'da bir firma MAJIK adını verdiği hemen hemen klima ile aynı prensipte çalışan ve havadan su elde eden bir makine üretmiştir^[107]. Dünyada 70'in üzerinde firma atmosfer buharından su elde etmeye yönelik cihazlar geliştirmiştir^[108]. Söz konusu cihazların büyük bölümü MAJIK gibi havayı soğuk ortamla buluşturarak yoğunlaştırmakta ve buharı suya çevirmektedir. Bunu yaparken çoğunlukla elektrik enerjisi harcanmaktadır. Ancak güneş enerjisi kullanılarak işlemin enerji maliyetini

sıfırlamak hatta böylelikle ısınma, soğutma ve elektrik üretiminin sağlanması yönünde çalışmalar başarılı sonuçlar vermeye başlamıştır^[109].

5.5.2 Dalga Enerjisi Kullanarak Enerji Harcamadan Tuzlu Su Arıtmak

Tuzlu suyu arıtmak, maliyeti yüksek olmasına rağmen öteden beri yapılmaktadır. Yeni tekniklerle birlikte maliyetler düşmekte ve bu yöntem giderek yaygınlık kazanmaktadır. Özellikle su sıkıntısı çeken kıyı bölgelerinde sulama için ek bir tatlı su kaynağı sağlayabilen teknolojik seçeneklerden biridir.

Son 30 yılda, yeni teknoloji ve gelişmiş işletim sistemleriyle tuzdan arındırma sürecinde büyük gelişmeler kaydedilmiştir. Verimli pompalar, küçük gözenekli süzdürücü zar (membran) teknolojisi, malzeme bilimindeki gelişmeler ve enerji geri kazanım cihazları sayesinde söz konusu arıtma sistemlerinin enerji ihtiyacı 1980'lerdeki sistemlere göre dört kat azalmıştır. Bu eğilimlerin devam etmesi ve önümüzdeki 15 yıl içinde dünya çapındaki kıyı toplulukları için kuraklığa direnci artıracak güvenilir bir alternatif olarak deniz suyunun tuzdan arındırılmasını daha da yaygınlaştırması muhtemeldir.

Örneğin ABD'li bir start-up şirketi olan SAROS, su arıtma cihazını bir şamandıra hâline getirip denize koymuş ve sadece dalga enerjisiyle deniz suyunun tuzunun arıtılmasını sağlamıştır. Sistem şimdilik günde 1.500 litreye yakın su üretmektedir ancak sistemin ölçeklendirilmesi ve miktarın en az 10 katına çıkarılması mümkündür^[110]. Yeşil Burun Adaları^[111] ve Avustralya'da^[112] da şirketler dalga enerjisini kullanarak tuzlu su arıtma denemeleri yapmaktadır. Yöntemin özellikle içme suyu kaynağı kıt, nüfusu görece düşük adalarda verimli olacağı kaydedilmektedir.

5.5.3 Sis Toplayıcılarıyla Çöle Su Sağlamak

Atmosferdeki su buharının toplanmasının yanı sıra kurak ancak sık sık sis görülen bölgelerde "sis toplama" tekniği kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemde sis buharını yoğunlaştırarak suyu dönüştüren polipropilen (pp) ağlar kullanılmakta ve hiçbir enerji harcanmamaktadır. Şili'nin son derece kurak Atacama Çölü ile Fas'ın Atlas Dağları'nın yüksek kesimlerinde kurulan bu sistemler bölge halkına içme ve sulama suyu sağlamaktadır.



Şekil 24: Fas'ın Atlas Dağları'na kurulan dünyanın en büyük "sis yakalayıcı" sisteminin bir bölümü.



Şekil 25: Max Pure güneş enerjili mobil su arıtma cihazı^[116].

5.5.4 Ucuz, Pratik ve Taşınabilir Arıtma ve Pompalama Sistemleri Kullanmak

Su kıtlığına karşı geliştirilen çözümlerin büyük bölümü ilk yatırım maliyeti yüksek olan çözümlerdir ve bu nedenle çoğunlukla gelişmiş ülkelerde hayata geçirilmektedir. Öte yandan su sıkıntısı yaşayan gelişmekte olan ülkelere yönelik ucuz, pratik ve taşınabilir çözümler geliştirilmektedir. Söz konusu çözümlerin başında su filtreleri gelmektedir. Örneğin İsveçli bir firma iki adet beş litrelik su bidonu, birkaç metre plastik kuşak ve bir filtreden ibaret bir su arıtma cihazı geliştirmiştir. Cihaz güneş ışınlarıyla hem suyu mikroplardan arıtır arındırmakta hem de sıcak su sağlayabilmektedir. Sistem 100 dolara satılmaktadır^[113]. Danimarkalı firma Aquaporin ise aynı adlı bir hücre proteinini kullanarak bir arıtma filtresi geliştirmiştir. Filtre başka bir enerji kullanmadan filtrelerle suyun arıtılmasına imkân tanımaktadır. Aquaporin filtresinin kullanıldığı 40 kadar cihaz patent almıştır^[114]. Bu tür arıtma cihazları sadece gelişmekte olan ülkeler için değil ABD gibi gelişmiş ülkelerdeki su krizleri için de geliştirilmektedir. Örneğin Michigan eyaletinin Flint kentini besleyen nehirde kurşun oranının artması üzerine kentte temiz su sıkıntısı baş göstermiş, Just Water adlı hayır kurumu kentin çeşitli noktalarına mobil "The Water Box" cihazları yerleştirerek kent halkının artmış su temin etmesini sağlamıştır^[115]. Benzer şekilde WorldWater & Solar Technologies tarafından geliştirilen Max Pure, su birikintileri, küçük göletler, dereler veya diğer su kaynaklarının suyunu güneş enerjisiyle arıtan mobil bir cihazdır (Şekil 25)^[116]. Cihazın su krizi yaşanan her bölgede en yakın su kaynağından güvenli su elde etmesine yardımcı olacağı kaydedilmektedir.

5.6 Su Kullanmadan Üretim

Küresel olarak temiz suyun en büyük ikinci tüketicisi olan sanayi ve enerji sektörünün su güvenliği açısından iki önemi bulunmaktadır. Birincisi, sanayi kesiminin su tüketimi artmaktadır. İkinci olarak ise, sanayinin atık suları temiz su kaynakları için büyük tehdit oluşturmaktadır. O nedenle sanayi ve enerji alanlarında su kullanımının düzenlenmesi, atıkların doğaya zarar vermeyecek şekilde

bertarafı ve mümkünse yeniden kullanılacak şekilde artırılması için tedbirlere başvurulması gerekmektedir.

Dünyada enerji ve sanayi sektörlerinin tatlı su tüketim miktarındaki payı, bölgesel gelişmişlik düzeylerine göre farklılık göstermektedir. Örneğin bu sektörlerin tatlı su kullanımı Güney Asya'da yüzde 2'de kalırken Avrupa'da yüzde 74'e çıkmaktadır^[117]. Öte yandan gıda, tekstil, enerji, sanayi, kimya, ilaç ve madencilik şirketleri dünyanın tatlı su kullanımı ve kirliliğinin yüzde 70'inden fazlasından sorumludur^[117].

Enerji sektörünün su çekimleri sanayi alanındaki toplam çekimlerin büyük bölümünü oluşturmaktadır. Öyle ki Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'na göre, küresel enerji sektörünün su tüketimi, toplam su çekimlerinin yaklaşık yüzde 10'unu oluşturmaktadır. Aynı zamanda IEA, 2040 yılına kadar enerji için su çekilmesinin yüzde 2'den daha az, su tüketiminin ise yüzde 60'a yakın bir oranda artmasının beklendiğini öngörmektedir^[118].

Sanayi, enerji sektörleri ve genel olarak tüm işletmeler önemli su kullanıcılarıdır ve öyle olmaya devam edecektir. Bu alandaki su kullanımının ciddiyetle ele alınması gerektiği aşikârdır.

Enerji, sanayi ve genel olarak özel sektör işletmelerinde su, hem çekme ve tüketim maliyetleri fiyatlara göre belirlenen bir kaynak, hem de arıtma maliyetleri ve düzenleyici cezalar içeren bir yükümlülük olarak görülmekte ve bu durum suyun bir maliyet veya risk olduğu algısına yol açmaktadır. Operasyonel tasarruflara ve kısa vadeli gelir etkilerine odaklanma eğiliminde olan şirketler, idari maliyetlerde, doğal sermayede, finansal riskte, gelecekteki büyümede, operasyonlarda ve inovasyonda su değerine daha az dikkat etme eğilimindedir.

Buna karşılık su kıtlığı tüm işletmeler için büyük risk oluşturmaktadır. İklim değişikliği işletmeler için yeni ve yüksek maliyetler yaratmaktadır. Aşırı iklim olayları nedeniyle işletmelerin üretim ve tedarik zincirleri aksamakta, belirsizlikler artmakta ve risk maliyetleri yükselmektedir. Ayrıca küresel iklim değişikliğine karşı adım atmamak marka değerinde erozyona da yol açmaya başlamıştır.

İşletmelerin su konusunda daha duyarlı olduğuna dair işaretler mevcuttur. İşletmelere çevre konusunda danışmanlık veren kâr amacı gütmeyen kuruluş CDP'nin yayınladığı "Global Water Report 2020"ye göre, CDP'nin anketine katılan şirketlerin üçte ikisi su kullanımını azaltmakta veya hiç değilse eski seviyelerini korumaktadır. Ancak şirketler henüz "Güvenli su" geleceğinden çok uzak bulunmaktadır^[75].

Yine de artan sayıda büyük şirket "sıfır su kullanımı" hedefini açıklamış ve bu yönde adımlar atmaya başlamıştır. Ford Motor Co., net sıfır su çekme hedeflerini

duyuran şirketler arasındadır^[119]. Nissan Motor, atık su deşarjlarını ortadan kaldırmayı hedeflediğini bildirmiştir^[120]. Uluslararası kozmetik devi L'Oreal 2025'e kadar sadece su tüketimini değil karbon emisyonunu da sınırlamayı hedeflemektedir^[121].

Karşı karşıya kalınan riskler göz önüne alındığında şirketlerin su musluklarını kapatmaları şaşırtıcı değildir. Zira CDP'ye göre işletmelerin su tüketimini azaltma ve çevresel zararları en aza indirmek için gerekli küresel harcama miktarı 55 milyar dolarken, tedbir alınmaması hâlinde seller ve diğer risklerin ortaya çıkaracağı maliyet bunun yaklaşık beş katını yani 301 milyarı bulmaktadır. Üstelik su yatırımları 711 milyar dolarlık ek gelir fırsatı yaratmaktadır^[75].

6. SONUÇ

Su Güvenliği'ni ele aldığımız Araştırma Raporu yazı dizisinin birinci bölümünde "Sürdürülebilirlik ve İklim Değişikliği" bağlamında dünyada su kıtlığı riskinin boyutları ortaya konulmuş, nedenleri irdelenmiş ve krizin aşılması için yapılanlar ile yapılması gerekenler sıralanmıştır.

Verilerin açıkça ortaya koyduğu üzere, dünya ciddi bir su kıtlığı yaşamaktadır ve küresel iklim değişikliği bu krizi daha da ağırlaştırma potansiyeline sahiptir. Su kıtlığı, düşük su kalitesi, suya sınırlı erişim veya suyun adaletsiz tahsisi genellikle şiddetin tetikleyicisidir. Sonuç olarak, ancak su yönetimi ve suyun kullanımını iyileştirme stratejilerinin uygulanmaya başlanmasıyla su kıtlığıyla ilişkili gerilimler azaltılabilir.

Su kıtlığı küresel bir sorun olmakla birlikte çözüm yelinde başlamaktadır. Dünyada su kıtlığına mikro ölçekten ulusal ölçeğe birçok çözüm önerisi getirilmekte ve başarılı uygulamalar ortaya çıkarılmaktadır. Ancak suyla ilgili kararlar, mühendislere, su uzmanlarına bu konuda hassasiyeti bulunan hayır kurumları veya sivil toplum örgütlerine bırakılmamalıdır. Su kıtlığı küresel bir sorun olmakla birlikte ülkeler bireysel çaba yürütmek zorundadır. Bir ulusal su stratejisine ve modern bir su yönetimine sahip olmak artık şarttır. Modern su yönetimleri ilgili tarafların, bir başka deyişle su paydaşlarının tümüne kucak açmalıdır.

Sorunun çözümü için çeşitli sektörlerin ve sınır ötesi aktörlerin konuya dahil edilmesi şarttır. İyileştirilmiş su yönetimi su krizinden kaçınılmasının yanı sıra birçok ekonomik ve toplumsal fayda sağlayacak, barış ve istikrarın korunmasına büyük katkı sağlayacaktır. Bu nedenle aynı zamanda seçkin bir bilim insanı olan Benjamin Franklin'in sözleriyle, "suyun değerini anlamak için kuyunun kurumasını beklemeyelim".

KAYNAKÇA

- [1] UNDP Türkiye, "Temiz Su ve Sanitasyon", <https://www.tr.undp.org/content/turkey/tr/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [2] Worldometer, "Current World Population", <https://www.worldometers.info/world-population/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [3] Worldometer, "Current World Population by Region", <https://www.worldometers.info/world-population/#region>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [4] United Nations Water, (2021), "UN World Water Development Report 2021", (21 Mart 2021), <https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2021/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [5] Boretti, Alberto; Rosa, Lorenzo; (2019), "Reassessing the projections of the World Water Development Report", *Nature*, (31 Temmuz 2019), <https://www.nature.com/articles/s41545-019-0039-9>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [6] Satterthwaite, David; (2020), "An urbanising world", *International Institute for Environment and Development*, (9 Nisan 2020), <https://www.iied.org/urbanising-world#:~:text=Growth%20of%20the%20world's%20urban,toy%204.4%20billion%20in%2020>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [7] United Nations Water, (2018), "World Water Development Report 2018", (19 Mart 2018), <https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2018/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [8] Food and Agriculture Organization of the United Nations, (2020), "The State of Food and Agriculture", <http://www.fao.org/3/cb1447en/cb1447en.pdf>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [9] Agoncillo, Julia; (2020), "50L Home Coalition: Ending our dependence on freshwater for urban sanitation systems", *2030 World Water Resources Group*, (16 Aralık 2020), <https://www.2030wrg.org/50l-home-coalition-ending-our-dependence-on-freshwater-for-urban-sanitation-systems/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [10] I. McDonald, Robert; (2011), "Urban growth, climate change, and freshwater availability", *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, (12 Nisan 2011), <https://www.pnas.org/content/108/15/6312>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [11] IPCC, "AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis", <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [12] Neslen, Arthur; (2018), "Flooding and heavy rains rise 50% worldwide in a decade, figures show", *The Guardian*, (21 Mart 2018), <https://www.theguardian.com/environment/2018/mar/21/flooding-and-heavy-rains-rise-50-worldwide-in-a-decade-figures-show>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [13] European Commission, "Irrigations", <https://wad.jrc.ec.europa.eu/irrigations>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [14] World Economic Forum, (2021), "Circular Cities: A circular water economy for cleaner, greener, healthier, more prosperous cities", (Temmuz 2021), http://www3.weforum.org/docs/WEF_Imagine_IF_Water-Series_2021.pdf. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [15] One Ocean, "Marine Pollution", <https://www.oceanprotect.org/resources/issue-briefs/marine-pollution/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [16] Macías Ávila, Carlos Andrés; (2021), "Leakage Management and Pipe System Efficiency. Its Influence in the Improvement of the Efficiency Indexes", *MDPI*, (9 Temmuz 2021), <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/14/1909>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [17] The World Bank, (2016), "The World Bank and the International Water Association to Establish a Partnership to Reduce Water Losses", (1 Eylül 2016), <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2016/09/01/the-world-bank-and-the-international-water-association-to-establish-a-partnership-to-reduce-water-losses>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [18] Baraniuk, Chris; (2020), "Tracking down three billion litres of lost water", *BBC*, (18 Ağustos 2020), <https://www.bbc.com/news/business-53274914>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [19] Kingdom, Bill; Liemberger, Roland; Marin, Philippe; (2006), "The Challenge of Reducing Non-Revenue Water (NRW) in Developing Countries How the Private Sector Can Help: A Look at Performance-Based Service Contracting", *PPIAF*, (Aralık 2006), <https://ppiaf.org/documents/2076/download>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [20] Worldwater, "Water Conflict Chronology", <http://www.worldwater.org/conflict/map/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [21] World Health Organization, "Water, health and ecosystems", <https://www.who.int/heli/risks/water/water/en/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [22] USGS, "How much water is there on, in, and above the Earth?", https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/how-much-water-there-earth?qt-science_center_object-s=0#qt-science_center_objects. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [23] TEMA, "Su Bütçesi", <https://sutema.org/mavi-gezegen/su-butcesi.3.aspx>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [24] Çorba, Selin; (2021), "Gelecekteki Tehlike: Su Kıtılığı", *TÜBİTAK Bilim Genç*, (22 Mart 2021), <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/gelecekteki-tehlike-su-kitligi>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [25] prd-wret, "The World's Water", https://prd-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/s3fs-public/styles/side_image/public/thumbnails/image/all-the-worlds-water.jpg. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [26] United Nations Water, (2021), "Summary Progress Update 2021: SDG 6 — water and sanitation for all", (24 Şubat 2021), <https://www.unwater.org/publications/summary-progress-update-2021-sdg-6-water-and-sanitation-for-all/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [27] United Nations Office for Disaster Risk Reduction, "Special Report on Drought 2021", <https://www.undrr.org/media/49386/download>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [28] United Nations, "Water scarcity", <https://www.un.org/waterforlifedecade/scarcity.shtml>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [29] UNESCO, (2019), "World Water Development Report", (19 Mart 2019), <https://en.unesco.org/themes/water-security/wwap/wwdr/2019#download>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [30] WWF, "WATER SCARCITY", <http://www.worldwildlife.org/threats/water-scarcity>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [31] Willem Hofste, Rutger; Reig, Paul; Schleifer, Leah; (2019), "17 Countries, Home to One-Quarter of the World's Population, Face Extremely High Water Stress", *World Resources Institute*, (6 Ağustos 2019), <https://www.wri.org/insights/17-countries-home-one-quarter-worlds-population-face-extremely-high-water-stress>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [32] World Health Organization, (2019), "Drinking-water", (14 Haziran 2019), <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [33] Water.org, "The Water Crisis", <https://water.org/our-impact/water-crisis/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [34] *contrattoacqua.it*, (2019), "Water for All", https://contrattoacqua.it/public/upload/1/2/tab_elms_docs/1551267970wwd2019_factsheet_.pdf. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [35] Willem Hofste, Rutger; Reig, Paul; Schleifer, Leah; (2019), "One quarter of the world's population live in countries with a high level of water stress", *World Economic Forum*, (8 Ağustos 2019), <https://www.weforum.org/agenda/2019/08/one-quarter-worlds-population-live-countries-high-levels-water-stress>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [36] The World Bank, (2017), "Beyond Scarcity: Water Security in the Middle East and North Africa", (23 Ağustos 2017), <https://www.worldbank.org/en/topic/water/publication/beyond-scarcity-water-security-in-the-middle-east-and-north-africa>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [37] Malek, Caline; (2020), "How the Middle East can tackle the problem of water scarcity", *Arab News*, (26 Ağustos 2020), <https://www.arabnews.com/node/1545666/middle-east>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [38] Marin, Philippe; (2017), "Water Management in Israel", *World Bank Group*, (Ağustos 2017), <https://documents1.worldbank.org/curated/en/657531504204943236/pdf/Water-management-in-Israel-key-innovations-and-lessons-learned-for-water-scarce-countries.pdf>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [39] Arlosoroff, Saul; (2006), "Overcoming water scarcity in Israel", *WaterWorld*, (1 Ekim 2006), <https://www.waterworld.com/drinking-water/article/16200679/overcoming-water-scarcity-in-israel>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [40] Asia Society, "Asia's Next Challenge: Securing the Region's Water Future", <https://asiasociety.org/asias-next-challenge-securing-regions-water-future-0>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [41] UNESCAP, "Clean Water and Sanitation", https://www.unescap.org/sites/default/files/SDG%206%20Goal%20Profile_0.pdf. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)

- [42] Bhatta, Gambhir; "Those That Fix The Lights", *Google Books*, <https://bit.ly/3mKQWzi>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [43] *Asian Development Bank*, (2020), "Asian Water Development Outlook 2020", (Aralık 2020), <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/663931/awdo-2020.pdf>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [44] *IISD*, (2021), "OECD Report Outlines Governance Fixes to Asia-Pacific Water Stress", (26 Mayıs 2021), <https://sdg.iisd.org/news/oecd-report-outlines-governance-fixes-to-water-stress-in-asia-pacific/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [45] Institute for Economics & Peace, (2021), "More Natural Disasters and Water Stress Threaten Asia-Pacific", *Impakter*, (26 Nisan 2021), <https://impakter.com/more-natural-disasters-and-water-stress-threaten-asia-pacific/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [46] Nathan, Mahesh; (2021), "India's water crisis: The seen and unseen", *DownToEarth*, (19 Mart 2021), <https://www.downtoearth.org.in/blog/water/india-s-water-crisis-the-seen-and-unseen-76049>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [47] Chengappa, Raj; (2021), "The great Indian thirst: The story of India's water crisis, solutions to tackle it", *India Today*, (20 Mart 2021), <https://www.indiatoday.in/magazine/cover-story/story/20210329-the-great-indian-thirst-1781280-2021-03-20>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [48] *TheWaterProject*, "WATER IN CRISIS – INDIA", <https://thewaterproject.org/water-crisis/water-in-crisis-india>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [49] Gonzalez Sanchez, Rocío; (2020), "Freshwater use of the energy sector in Africa", *ScienceDirect*, (15 Temmuz 2020), <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261920306838>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [50] *pulp&paper AFRICA*, "Water Scarcity in Africa", <http://www.africa-pulp&paper.com/en/articles/water-scarcity-in-africa>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [51] De Roo, Ad; (2012), "Current water resources in Europe and Africa", *Research Gate*, (Haziran 2012), <https://bit.ly/3AHWm3b>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [52] *IEEE Spectrum*, (2021), "Meteorological Drought Hazard Assessment under Future Climate Change Projection for Agriculture Area in Songkhram River Basin, Thailand", (11 Ocak 2021), <https://ieeexplore.ieee.org/document/9307085>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [53] *IMF*, (2012), "Republic of Congo: Poverty Reduction Strategy Paper", (Ağustos 2012), <https://www.imf.org/external/pubs/ft/scr/2012/cr12242.pdf>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [54] *Earthwise*, "Hydrogeology of Democratic Republic of the Congo", http://earthwise.bgs.ac.uk/index.php/Hydrogeology_of_Democratic_Republic_of_the_Congo#/media/File:Democratic_Republic_of_the_Congo_Hydrology.png. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [55] *The World Bank*, (2013), "World Water Day: Latin America leads in water management but inequalities in access remain", (22 Mart 2013), <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2013/03/22/world-water-day-latin-america-achievements-challenges>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [56] *The World Bank*, "Renewable internal freshwater resources per capita (cubic meters) – Mexico", <https://data.worldbank.org/indicator/ER.H2O.INTR.PC?locations=MX>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [57] *The World Bank*, (2013), "Peru prepares to address Andean glacier retreat", (25 Mart 2013), <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2013/03/25/peru-prepares-to-face-the-retreat-of-andean-glaciers>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [58] Zarsky, Lyuba; (2015), "Behind Latin America's Anti-Mining Protests: Water Concerns", *World Politics Review*, (25 Haziran 2015), <https://www.worldpoliticsreview.com/articles/16079/behind-latin-america-s-anti-mining-protests-water-concerns>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [59] World Food Program USA, "The Dry Corridor", <https://www.wfpusa.org/emergencies/dry-corridor/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [60] Gotlieb, Yosef; (2019), "The Central American Dry Corridor: a consensus statement and its background", *Revista Yu'am*, (31 Ocak 2019), <https://www.revistayuam.com/the-central-american-dry-corridor-a-consensus-statement-and-its-background/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [61] WWF, "Water Risk Filter", <https://waterriskfilter.panda.org/en/Explore/Map>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [62] *Global Water Partnership*, <https://www.gwp.org/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [63] *European Environment Agency*, "Water and marine environment", <https://www.eea.europa.eu/themes/water>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [64] *World Health Organization*, (2018), "Safe drinking-water in Europe?", (20 Mart 2018), <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/water-and-sanitation/news/news/2018/3/safe-drinking-water-in-europe>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [65] *World Health Organization*, (2019), "1 in 3 people globally do not have access to safe drinking water – UNICEF, WHO", (18 Haziran 2019), <https://www.who.int/news/item/18-06-2019-1-in-3-people-globally-do-not-have-access-to-safe-drinking-water-unicef-who>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [66] *Center for Disaster Philanthropy*, (2021), "Western European Flooding", (14 Temmuz 2021), <https://bit.ly/3aATeLP>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [67] *GlobalChange.gov*, "Water Stress in the U.S.", <https://www.global-change.gov/browse/multimedia/water-stress-us>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [68] *ClimateChangePost*, (2021), "Droughts: European scale", (5 Ekim 2021), [https://www.climatechangepost.com/europe/droughts/#:~:text=Droughts%3A%20European%20scale&text=For%20Europe%2C%20the%20damage%20caused,by%20water%20scarcity%20\(11\)](https://www.climatechangepost.com/europe/droughts/#:~:text=Droughts%3A%20European%20scale&text=For%20Europe%2C%20the%20damage%20caused,by%20water%20scarcity%20(11)). (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [69] *Earth Observatory*, (2020), "Signs of Drought in European Groundwater", (22 Haziran 2020), <https://earthobservatory.nasa.gov/images/146888/signs-of-drought-in-european-groundwater>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [70] Reints, Renae; (2019), "The U.S. Is Going to See Water Shortages Within the 21st Century, Study Says", *Fortune*, (5 Mart 2019), <https://fortune.com/2019/03/04/water-shortages-study/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [71] Groom, Nichola; (2021), "U.S. declares first Western reservoir water shortage, triggering cuts", *Reuters*, (17 Ağustos 2021), <https://www.reuters.com/world/us/us-declares-first-ever-shortage-western-reservoir-triggering-water-cuts-2021-08-16/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [72] Heggie, Jon; (2020), "Why is America running out of water?", *National Geographic*, (12 Ağustos 2020), <https://www.nationalgeographic.com/science/article/partner-content-americas-looming-water-crisis>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [73] *USGS*, (2018), "Estimated Use of Water in the United States in 2015", <https://pubs.usgs.gov/circ/1441/circ1441.pdf>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [74] *National Geographic*, "Aquifers", <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/aquifers/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [75] *CDP*, (2020), "A WAVE OF CHANGE The role of companies in building a water-secure world" <https://www.cdp.net/en/reports/downloads/5577>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [76] *gov.uk*, (2020), "The politics of building effective water utilities in the Global South: A case of NWSC Uganda", (27 Temmuz 2020), <https://www.gov.uk/research-for-development-outputs/the-politics-of-building-effective-water-utilities-in-the-global-south-a-case-of-nwsc-uganda>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [77] Soliman, Karim; (2019), "The resilience of water supply systems", *Research Gate*, (Ocak 2019), https://www.researchgate.net/publication/340717784_The_resilience_of_water_supply_systems. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [78] *World Economic Forum*, (2021), "Circular Water Cities: A circular water economy for cleaner, greener, healthier, more prosperous cities", (30 Haziran 2021), <https://bit.ly/3vaxm3g>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [79] Kadioğlu, Mikdat; (2021), "Sellere çare "sünger şehirler" mi?", *Fikir Turu*, (30 Temmuz 2021), <https://fikirturu.com/toplum/sellere-care-sunger-sehirler-mi/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [80] *United Nations University*, (2020), "Valuable Energy, Nutrients, and Water Lost in World's Fast-Rising Wastewater Streams", (3 Şubat 2020), <https://unu.edu/media-relations/releases/vast-amounts-of-valuable-energy-nutrients-and-water-lost-in-worlds-fast-rising-wastewater-streams.html>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [81] Qadir, Manzoor; (2020), "Global and regional potential of wastewater as a water, nutrient and energy source", *Research Gate*, (Ocak 2020), https://www.researchgate.net/publication/338844921_Global_and_regional_potential_of_wastewater_as_a_water_nutrient_and_energy_source. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)

- [82] Maya, Alanna; (2020), "Sustainability in Desalination", *WaterWorld*, (11 Haziran 2020), <https://www.waterworld.com/drinking-water/treatment/article/14177014/sustainability-in-desalination>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [83] *Aqua Tech*, (2021), "DOES SIZE MATTER? MEET TEN OF THE WORLD'S LARGEST DESALINATION PLANTS", (19 Nisan 2021), <https://www.aquatechtrade.com/news/desalination/worlds-largest-desalination-plants/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [84] Kumar, D Nagesh; (2013), "Remote Sensing Applications in Water Resources", *Research Gate*, (Haziran 2013), <https://bit.ly/3BFui1v>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [85] *Jet Propulsion Laboratory California Institute of Technology*, "Surface Water and Ocean Topography", <https://swot.jpl.nasa.gov/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [86] Darvishi, Mehdi; (2021), "Multi-Sensor InSAR Assessment of Ground Deformations around Lake Mead and Its Relation to Water Level Changes", *MDPI*, (25 Ocak 2021), <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/3/406/pdf>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [87] Loughran, Jack; (2017), "Water leakage from UK pipes rises to over three billion litres a day", *Engineering and Technology*, (6 Aralık 2017), <https://eandt.theiet.org/content/articles/2017/12/water-leakage-from-uk-pipes-rises-to-over-three-billion-litres-a-day/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [88] Muhammad, Abubakar; (2016), "IoT Enabled Analysis of Irrigation Rosters in the Indus Basin Irrigation System", *Research Gate*, (Aralık 2016), https://www.researchgate.net/publication/306930578_IoT_Enabled_Analysis_of_Irrigation_Rosters_in_the_Indus_Basin_Irrigation_System. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [89] *Toilet Board*, "BUILDING THE SANITATION ECONOMY", <https://www.toiletboard.org/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [90] *New America*, "The Development of Smart Water Markets Using Blockchain Technology (Aditya K. Kaushik)", <https://bit.ly/3AQPCQN>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [91] *ARUP*, "Becoming water wise through blockchain technology", <https://www.arup.com/projects/water-trading-with-blockchain>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [92] *Deloitte*, (2020), "Next-gen industrial water pollution control", <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/about-deloitte/blockchain-iot-wastewater-management.pdf>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [93] Gurudas Vernekar, Adarsh; (2020), "Blockchain Based Water Management System", *International Research Journal of Engineering and Technology*, (Mayıs 2020), <https://www.irjet.net/archives/V7/I5/IRJET-V7I51411.pdf>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [94] Lima, Rui; (2020), "Innovative Water Quality and Ecology Monitoring Using Underwater Unmanned Vehicles: Field Applications, Challenges and Feedback from Water Managers", *Research Gate*, (Nisan 2020), <https://bit.ly/2YPDGB6>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [95] Kodal, Süleyman; Ahi, Yeşim; (2018), "Tarımda Su Verimliliği", *Anahtar Dergisi*, (Ekim 2018), <http://suyonetimi.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/88/2018/10/Anahtar-Dergisi-Tar%C4%B1mda-Su-Verimlili%C4%9Fi.pdf>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [96] *The World Bank*, "Water in Agriculture", <https://www.worldbank.org/en/topic/water-in-agriculture>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [97] *Grain*, (2014), "Hungry for land: small farmers feed the world with less than a quarter of all farmland", (28 Mayıs 2014), <https://grain.org/article/entries/4929-hungry-for-land-small-farmers-feed-the-world-with-less-than-a-quarter-of-all-farmland>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [98] *The Guardian*, (2013), "Bangladesh tackles climate change by fusing rice paddies with fish farms", (1 Mart 2013), <https://www.theguardian.com/global-development/2013/mar/01/bangladesh-climate-change-rice-fish-farms>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [99] *The Guardian*, (2016), "The Bangladesh shrimp farmers facing life on the edge", (17 Şubat 2016), <https://www.theguardian.com/global-development-professionals-network/2016/feb/17/the-bangladesh-shrimp-farmers-facing-life-on-the-edge>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [100] *TEMA*, "Tarımsal Su Hasadı", <https://sutema.org/gelecegin-suyu/tarimsal-su-hasadi.22.aspx>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [101] *Deutsche Welle*, (2017), "Wastewater crop irrigation risks health of nearly a billion people", (4 Temmuz 2017), <https://www.dw.com/en/wastewater-crop-irrigation-risks-health-of-nearly-a-billion-people/a-39538101>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [102] Abdel-Dayem, Safwat; (2007), "Drainage in Egypt: A story of determination, continuity, and success", *Research Gate*, (Aralık 2007), https://www.researchgate.net/publication/229682503_Drainage_in_Egypt_A_story_of_determination_continuity_and_success. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [103] *The Lancet*, (2014), "Feeding the world sustainably", (15 Kasım 2014), [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(14\)62054-7/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(14)62054-7/fulltext). (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [104] *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, (2011), "Global Food Losses And Food Waste", <http://www.fao.org/3/i2697e/i2697e.pdf>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [105] *Bilim Bunu Konuşuyor*, "Sürdürülebilir Beslenme Nedir?", <https://bit.ly/3mQFhPx>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [106] Jalava, Mika; (2014), "Diet change - A solution to reduce water use?", *Research Gate*, (Temmuz 2014), https://www.researchgate.net/publication/264435907_Diet_change_-_A_solution_to_reduce_water_use
- [107] *Majik Water*, "THE MAJIK WATER Vision", <http://www.majikwater.co/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [108] Davis, Margaret; (2021), "Water Harvester: A New Atmospheric Technology Which Works Around the Clock With No Energy Needed", *The Science Times*, (24 Haziran 2021), <https://www.sciencetimes.com/articles/31891/20210624/new-atmospheric-water-harvester-extracts-energy-needed-even.htm>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [109] Notman, Nina; (2020), "Atmospheric water harvesting", *Chemistry World*, (6 Haziran 2020), <https://www.chemistryworld.com/features/atmospheric-water-harvesting/4011929.article>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [110] Smet, Peter; (2019), "Wave Powered Desalination May Help Meet the World's Drinking Water Needs", *Reason Foundation*, (13 Ağustos 2019), <https://reason.org/commentary/wave-powered-desalination-may-help-meet-the-worlds-drinking-water-needs/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [111] *African Development Bank Group*, (2016), "Blue Economy: Cape Verde wins SEFA grant to develop revolutionary wave-powered desalination system", (15 Ocak 2016), <https://www.afdb.org/en/news-and-events/blue-economy-cape-verde-wins-sefa-grant-to-develop-revolutionary-wave-powered-desalination-system-15296>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [112] *Engineers Australia*, "World's first wave-powered desalination plant now operational in Perth", <https://www.engineersaustralia.org.au/News/worlds-first-wave-powered-desalination-plant-now-operational-perth>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [113] *Solvatten*, <https://solvatten.org/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [114] *Aquaporin*, <https://aquaporin.com/products/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [115] *501CTHREE*, <https://www.501cthree.org/the-water-box>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [116] *World Water Solar Technologies*, <https://www.worldwatersolar.com/solar-products/mobile-maxpure/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [117] *CDP*, (2018), "Higher Ambitions, Higher Expectations CDP Europe report 2018", <https://bit.ly/3DzoeGC>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [118] Walton, Molly; (2018), "Energy has a role to play in achieving universal access to clean water and sanitation", *International Energy Agency*, (22 Mart 2018), <https://www.iea.org/commentaries/energy-has-a-role-to-play-in-achieving-universal-access-to-clean-water-and-sanitation>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [119] *Ford*, (2021), "SPOTLIGHT ON FORD'S DRIVE FOR ZERO WATER CONSUMPTION IN MANUFACTURING FOR WORLD WATER DAY", (22 Mart 2021), <https://media.ford.com/content/fordmedia/img/za/en/news/2021/03/22/Spotlight-on-Fords-Drive-for-Zero-Water-Consumption-in-Manufacturing-for-World-Water-Day.html>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [120] *Nissan*, "Water Scarcity", https://www.nissan-global.com/EN/DOCUMENT/PDF/SR/2020/SR20_E_P096-099.pdf. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)
- [121] *Loreal*, "Recognized by the UN, L'Oréal Aims for Carbon Neutrality by 2050", <https://www.loreal.com/en/news/commitments/recognized-by-the-un-loreal-aims-for-carbon-neutrality-by-2050/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2021)



thinktech
STM Teknolojik Düşünce Merkezi
<http://thinktech.stm.com.tr>

