



HATALI SU KULLANIMI VE BİYOÇEŞİTLİLİK KAYBI

IMPROPER WATER USE AND BIODIVERSITY LOSS

Üstün ŞAHİN

HATALI SU KULLANIMI VE BİYOÇEŞİTLİLİK KAYBI

Üstün ŞAHİN
Atatürk Üniversitesi

Özet

Türkiye’de kıt tatlı su kaynaklarına talepte artış, hâlihazırda birçok bölgede yaşanan su kıtlığının daha fazla yayılmaması için suyun korunmasını inanılmaz derecede önemli kılmaktadır. Su havzalarının yerleşimlerle, sanayi tesisleriyle ve bitki örtüsüne müdahalelerle özelliklerinin bozulması, su akış yollarının değiştirilmesi hidrolojik dengeyi bozmaktadır. Aşırı su tüketimi, atıksular ve tarımdan dönen suların su kütlelerini kirlletmesi, göllerde, sulak alanlarda ve akarsularda doğal filtreleme işlemi gören organizmaların yok olması ekosisteme önemli zararlar vermektedir. Küresel ölçekte gerçekleşen iklim değişikliği de yağış miktar ve şiddetlerini değiştirerek, karın erimesini hızlandırarak, miktarını azaltarak temiz su potansiyelini sınırlandırması yanında buharlaşma ve terlemeyi artırarak kaynak yeterliliğini baskılamaktadır. Artan nüfus ve gıda ihtiyacına bağlı olarak insanların eskisinden daha fazla su kullanması da giderek artan bir tehdit oluşturmaktadır. Dünya üzerinde insanlar da dâhil olmak üzere milyonlarca diğer türün tatlı su kaynaklarının bulunduğu habitatlarda yaşadığı dikkate alındığında, bu kıt kaynak üzerindeki baskıların biyoçeşitliliği azaltması kaçınılmazdır. Türkiye’de su havzalarının korunmasındaki yetersizlikler, azalan yağış, sel rejiminde akışlarda artışlar, su kaynaklarının kirlenmesi, artan gıda talebi nedeniyle sulu tarım alanlarının artırılması gerekliliği ve sulama suyu yönetim problemlerinin yarattığı biyoçeşitlilik kaybını önlemede hidrolojik dengeler gözetilerek tatlı su depolamasının artırılması, su kalitesinin korunması ve tarımda suyun verimli kullanılması metodlarının geliştirilmesi öncelikli konular olarak değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler

Su yeterliliği, Hayvancılık su ayak izi, Atıksu, Sulama pratikleri

IMPROPER WATER USE AND BIODIVERSITY LOSS

Üstün ŞAHİN
Ataturk University

Abstract

The increase in demand for scarce freshwater resources in Türkiye makes water conservation incredibly important to prevent further spread of water scarcity, which is already experienced in many regions. Deterioration of the characteristics of water basins by settlements, industrial facilities and interventions on vegetation and alteration of water flow paths disrupt the hydrological balance. Excessive water consumption, wastewater and agricultural discharges polluting water bodies, and the destruction of organisms that provide natural filtering in the lakes, wetlands and streams cause significant damage to the ecosystem. Climate change occurring on a global scale also limits the freshwater potential by changing the amount and intensity of precipitation, accelerating the melting of snow, reducing its amount, and also suppresses resource adequacy by increasing evaporation and transpiration. Due to the increasing population and food needs, people's use of more water than before poses an increasing threat. Considering that millions of other species on earth, including humans, live in habitats containing freshwater resources, it is inevitable that pressures on this scarce resource will reduce biodiversity. In Türkiye, inadequacies in the protection of water basins, decreasing rainfall, increases in flows during flood regimes, pollution of water resources, the need to increase irrigated agricultural areas due to increasing food demand, and irrigation water management problems create biodiversity loss. In order to prevent this, increasing freshwater storage by considering hydrological balances, protecting water quality and developing methods for efficient use of water in agriculture are considered priority issues.

Keywords

Water adequacy, Livestock water footprint, Wastewater, Irrigation practices

1. GİRİŞ

Birleşmiş Milletler Nüfus Dairesi Başkanlığı'nın son tahminleri, dünya nüfusunun 2030'da yaklaşık 8,5 milyara, 2050'de 9,7 milyara çıkabileceğini göstermektedir (United Nations, 2022). TÜİK (2018) raporuna göre 2040 yılında 100 milyonu aşması beklenen Türkiye'de de yaşamsal gereksinimden dolayı toplumlar ve ekosistem için önemi büyük olan su, aynı zamanda kıt bir kaynak olması nedeniyle sürdürülebilir kalkınmanın da temel unsuru olacaktır.

Dünyadaki suyun %2,5'inin nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunduğu ve bununda %90'ının derin yeraltı suyu ve buzullardaki su olduğu dikkate alındığında, gelecekte temiz suya ulaşamayan veya sorun yaşayanların sayısında artış yanında biyoçeşitliliğin korunamaması nedeniyle doğal yaşamın da olumsuz etkileneceği beklenmektedir. Bu riskin iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki tehdidiyle yeni bir boyut kazandığı da dikkate alındığında, dünya ölçeğinde %70 gibi bir oranla suyu en çok kullanan sektör olan tarımda su verimliliğinin artırılması kaçınılmazdır (Su Şurası, 2021). Afrika ve Asya için %82 ve %81 ve Türkiye için %77 tarımda su kullanım oranı dikkate alındığında, suyun tarımsal yönetiminin ülkemiz ve bulunduğu coğrafya için ne kadar önemli ve acil bir konu olduğu daha iyi anlaşılmaktadır.

Yağışın yıllara göre değişkenliği ve mevsimsel değişkenlikler, bitkilerin su ihtiyaçları ve su talep edilen dönemler dikkate alındığında, depolama yapılarının su hacmi ve aşağı akış şartlarını sağlamada yetersizliği, su iletim-dağıtım sistemlerindeki kayıplar, hatalı bitki deseni seçimleri, sulama yöntem-yönetim teknik ve teknolojilerinde yetersizlikler, çiftçilerin fazla su kullanma eğilimleri ve sulamadan dönen suların alıcı ortamlara deşarjı veya sızması sonucu oluşan kirlilik sorunu, su kaynaklarının tarımda etkili bir şekilde yönetilmesini zorlaştırmakta ve aşırı sömürülmesi sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Arzı zorlayacak miktarlarda su kullanılan havzalarda flora ve fauna olumsuz etkilenmekte ve sonuçta ekosistemin dengesini sağlayan biyoçeşitlilikte geri döndürülemez hasarlar ortaya çıkmaktadır.

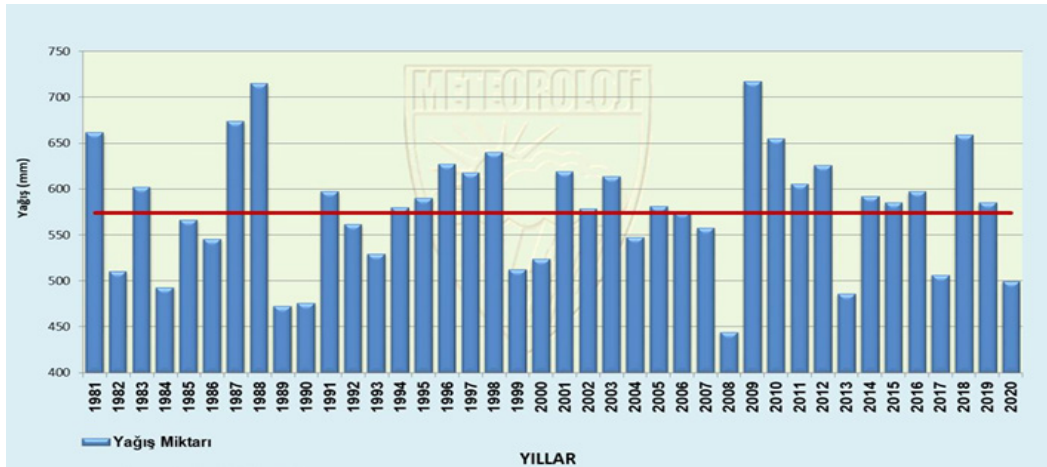
Gelecekte ülkemizdeki tatlı su kullanımının iklim değişiminin de etkisiyle baskı altında olacağı gerçeği, suyu en çok kullanan sektör olan tarımda, sosyal ve çevresel açıdan sürdürülebilirlik sağlayacak şekilde su yönetimi çözümlerinin üretilmesini zorunlu kılmaktadır. Dolayısıyla, Su-Gıda-Enerji-Ekosistem ilişkisini temel alan, su kalitesini de gözetken bütüncül bir yaklaşım, karar süreçlerinin önemli stratejilerini oluşturacaktır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018).

Bu çalışmada; öncelikle Türkiye'nin su varlığı tanımlanmış, yeterliliği uluslararası düzeyde ölçütlerle ve iklim değişikliği seneryolarıyla hem ülkesel ve hem de su arzı sınırlı bölgelerimiz özelinde tartışılmıştır. Hayvancılık sektörü su gereksinimleri de incelenmiş, suyun depolanmasından uygulanmasına kadar tarımsal sulamanın mevcut durumu ve süreçteki gelişmelerin su verimliliği açısından etkileri ve eksiklikleri değerlendirilmiştir.

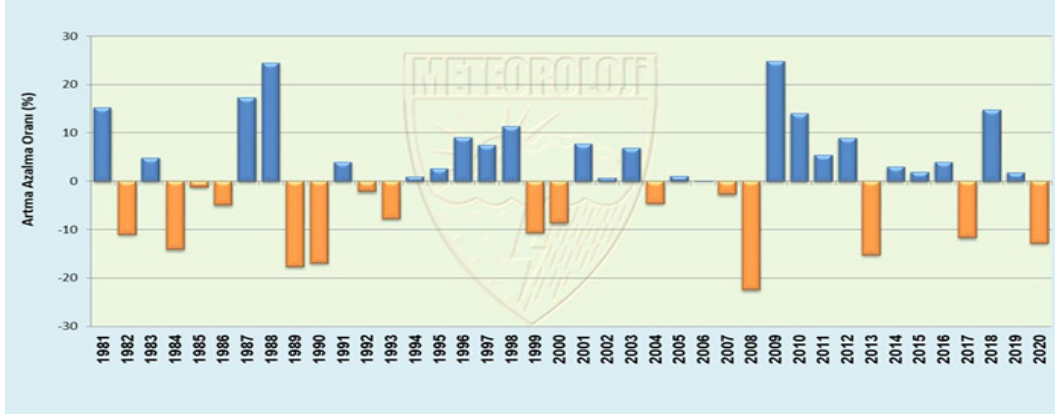
2. TÜRKİYE'NİN SU VARLIĞI VE YETERLİLİĞİ

Türkiye 778.493 km²'lik alanı kaplayan toplam 25 akarsu havzasını barındırmaktadır. Ülke yüzölçümünün %22.6'sına denk gelen yağış alanı ve %30.4'üne karışık gelen ortalama yıllık akış hacmiyle Fırat-Dicle havzası birinci sırada gelmekte, alan ölçeğinde bunu Kızılırmak, Sakarya ve Konya Kapalı Havzaları, ortalama yıllık akış hacmi ölçeğinde de Doğu Karadeniz, Doğu Akdeniz ve Antalya Havzaları izlemektedir (Devlet Su İşleri, 2022a).

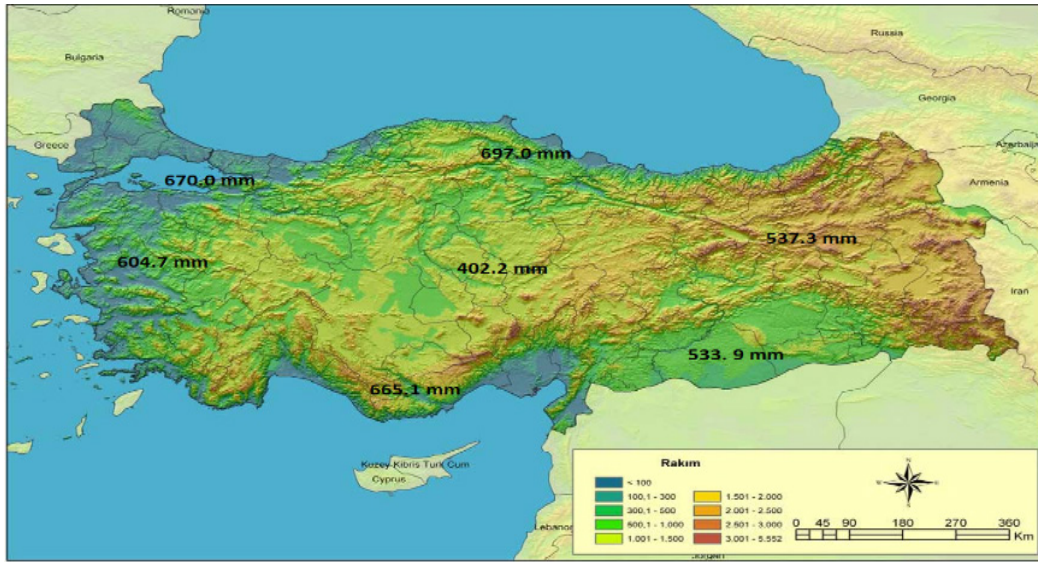
Ülkemizde tatlı suyun kaynağını oluşturan yağışın, yakın dönem uzun yıllar ortalaması 574 mm'dir (Şekil 1). Ancak yıllara göre değişimlerin miktarı %20' yi aşabilmektedir (Şekil 2). Bölgesel olarak Karadeniz (697,0 mm), Marmara (670,0 mm), Akdeniz (665,1 mm) ve Ege (604,7 mm) bölgeleri Türkiye ortalamasının üzerinde, Doğu Anadolu (537,3 mm), Güney Doğu Anadolu (533,9 mm) ve İç Anadolu (402,2 mm) bölgeleri Türkiye ortalamasının altında yağış almaktadır (Şekil 3).



Şekil 1. Türkiye'de yıllık yağış değişimleri. [www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2020alansal.pdf (Erişim tarihi: 17 Ağustos 2023)]

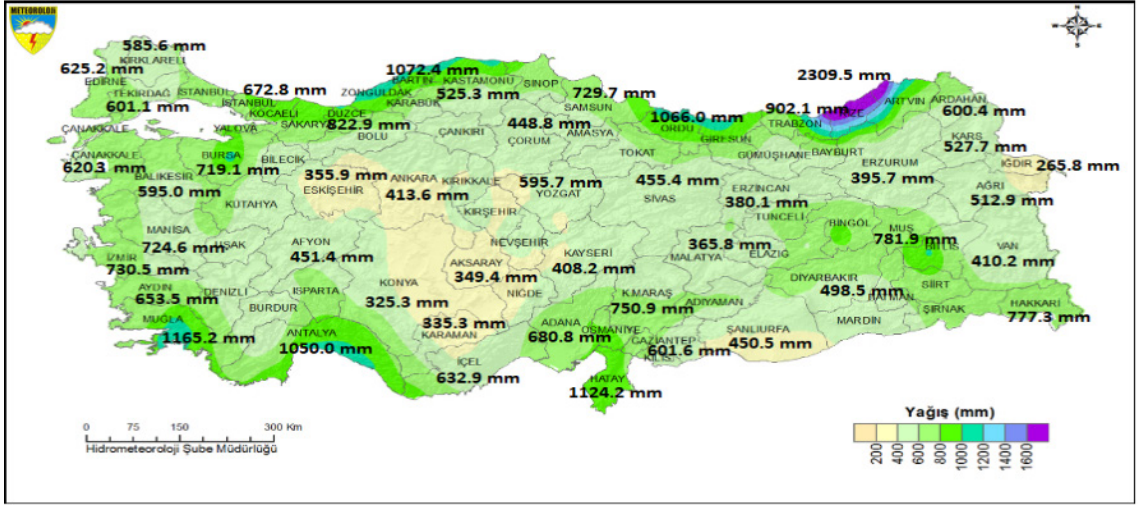


Şekil 2. Türkiye’de yıllık yağışların normallerine göre değişim oranları. [www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2020alansal.pdf] (Erişim tarihi: 17 Ağustos 2023)]



Şekil 3. Türkiye’de bölge düzeyinde yağış değerleri. [<https://www.tck.org.tr/tr/kaynakca/haritalar/turkiye-haritalari>] (Erişim tarihi: 16 Ağustos 2023)]

İller bazında yağış değerlerinde, en fazla (Rize, 2309,5 mm) ve en az yağışlı (Iğdır, 265,8 mm; Konya, 325,3 mm) iller arasında 8-9 katına varan yağış farklılıklarının olduğu görülmektedir (Şekil 4).



Türkiye'nin 2022 yılı nüfusu (84.680.273 kişi) dikkate alındığında ülkemizde kişi başına düşen yıllık su miktarı 1322 m³'tür. İçme-kullanma, tarım, sanayi ve enerji sektörleri ile çevresel (doğal sistem ihtiyacı) su gereksinimlerine ilişkin tahminler göz önünde bulundurularak ülkelerin toplam nüfusu ve kullanılabilir su kaynağı miktarının ilişkilendirilmesiyle belirlenen "Falkenmark indeksi"ne göre ülkemiz, su sıkıntısı yaşayan ülkeler arasında yer almaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. *Falkenmark İndeks Sınıflandırması*

Sınıflandırma	Su miktarı (m ³ /kişi/yıl)
Su sıkıntısı yok	1700 ve daha fazla
Su sıkıntısı	1700-1000
Su kıtlığı	1000-500
Kesin su kıtlığı	500 ve daha az

Su stresini belirlemek için dünyada yaygın olarak kullanılan diğer bir indeks "Su yoksulluğu İndeksi" (Water Poverty Index-WPI)'dir. İngiltere Ekoloji ve Hidroloji Merkezi ve Dünya Su Konseyi tarafından geliştirilen Su Yoksulluğu İndeksi "kaynaklar, erişim, kapasite, kullanım ve çevre" olmak üzere beş ana bileşenden oluşmaktadır. Her biri birkaç alt bileşene sahip beş ana bileşenden hesaplamayla bir skor değer belirlenerek sınıflama yapılmaktadır (Tablo 2). WPI indeksine göre de Türkiye 53,1 skor değeri ile su yoksulluğu yüksek ülke kategorisinde yer almaktadır (Gökçe, 2022).

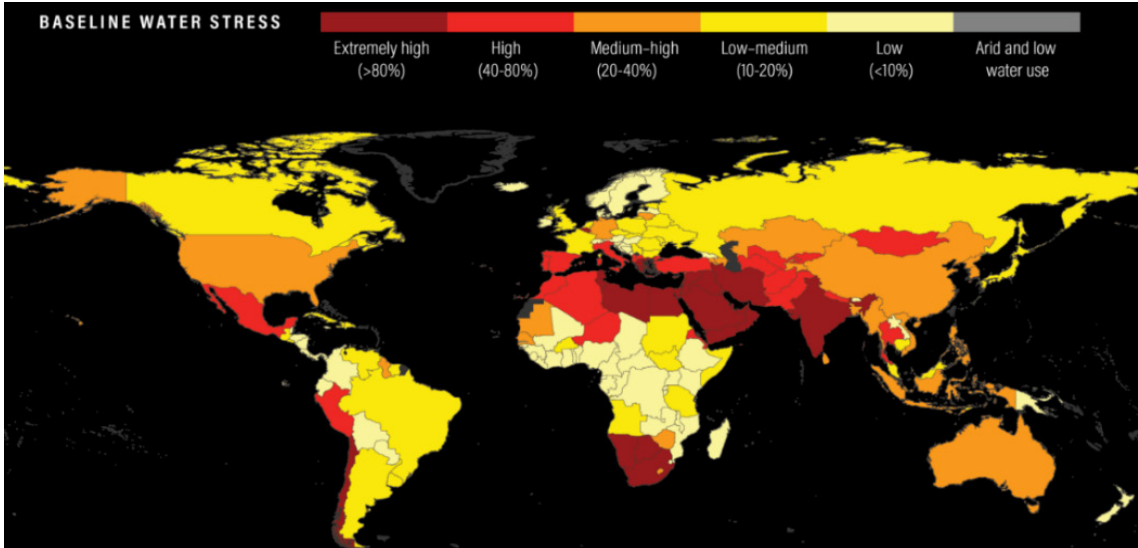
Tablo 2. *Su Yoksulluğu İndeks Sınıflandırması*

Su yoksulluğu sınıfı	Skor
Şiddetli	0-47,9
Yüksek	48,0-55,9
Orta	56,0-61,9
Orta Düşük	62,0-67,9
Düşük	68,0-100,0

Avrupa Komisyonu Su Kıtlığı ve Kuraklık Uzman Grubunun çalışmasında yer alan ve Avrupa Birliği ülkelerinde temiz su talebinin yenilebilir temiz su kaynaklarının uzun vadeli ortalamasına bölünmesiyle hesaplanan bir su kıtlığı göstergesi olan "Su Kullanım İndeksi" (Water Exploitation Index-WEI), kaynaklarına oranla yüksek su talebine sahip olan ve dolayısıyla su sıkıntısı tehlikesiyle karşı karşıya kalan ülkeleri ve bölgeleri tespit etmek, ortalama su sıkıntısı miktarını göstermek amacı ile kullanılmaktadır. %10' dan küçük WEI

değerleri su sıkıntısının olmadığını, %10–20 arasındaki değerler su sıkıntısının az olduğunu, %20’nin üzerindeki değerler su sıkıntısı olduğunu, %40’ı aşan değerler ise şiddetli su kıtlığı durumlarına işaret etmektedir (Faergemann, 2012). Türkiye’nin 2008, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018 ve 2020 yıllarında tüm sektörler bazında kaynaklardan çekilen su miktarları dikkate alınarak (Dökmeci vd., 2022) sırasıyla %19,4, %21,3, %23,9, %21,6, %25,8, %26,3 ve %26,6 olarak belirlenmiş WEI değerlerine göre de Türkiye’de su sıkıntısı olduğu tekrar teyit edilmiş ancak, bu indeks değerinin artış eğiliminde olması gelecek için daha büyük bir riskin olduğunu göstermiştir. Ülkemizde bazı avantajlı havzalar kullanım miktarını aşan bir su potansiyeline sahip olmakla birlikte, birçok havzada (Meriç, Ergene, Gediz, Büyük Menderes, Burdur Gölü, Akarçay, Konya ve Asi Nehri), yüzey ve yeraltı suyu kullanım oranları kaynakların kendini yenileyebilme kapasitesini aşarak doğal ekosistemlerini tehdit eder boyuta ulaşmıştır (Öktem & Aksoy, 2014).

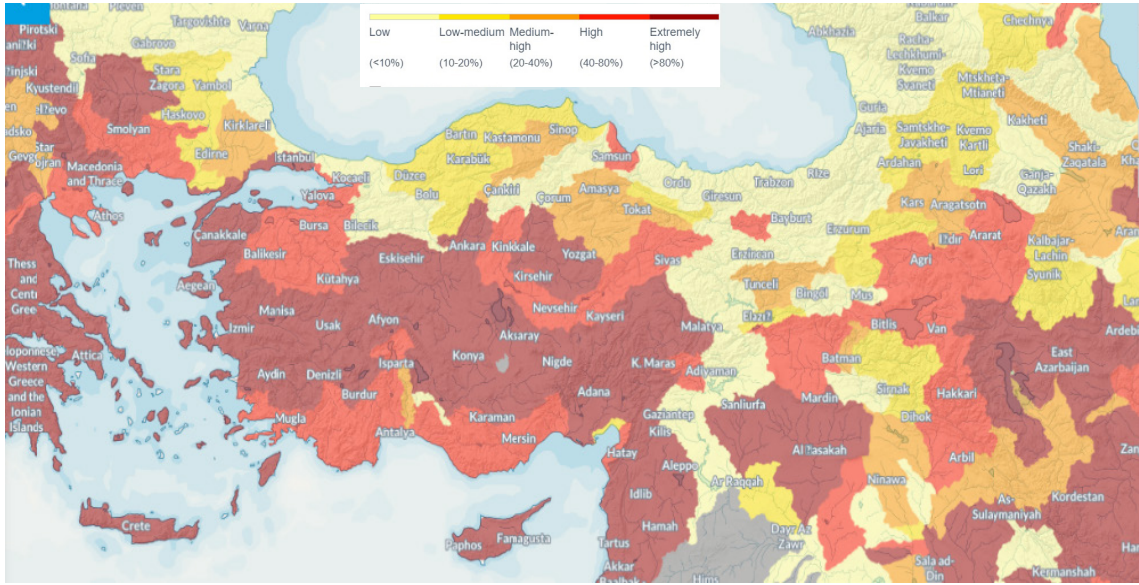
Dünya Kaynakları Enstitüsü’nün (WRI) yayımladığı ‘Su Risk Haritası’ (WRI, 2023), küresel nüfusun dörtte birini barındıran 25 ülkenin (1.Bahreyn, 2. Kıbrıs, 3. Kuveyt, 4. Lübnan, 5. Umman, 6. Katar, 7. Birleşik Arap Emirlikleri, 8. Suudi Arabistan, 9. İsrail, 10. Mısır, 11. Libya, 12. Yemen, 13. Botsvana, 14. İran, 15. Ürdün, 16. Şili, 17. San Marino, 18. Belçika, 19. Yunanistan, 20. Tunus, 21. Namibya, 22. Güney Afrika, 23. Irak, 24. Hindistan, 25. Suriye) her yıl son derece yüksek su stresiyle karşı karşıya kaldığını ve mevcut su kaynaklarının neredeyse tamamını düzenli olarak tükettiklerini göstermektedir. Bu değerlendirmede dünyada 39. sırada yer alan Türkiye ise yüksek su stresi kategorisinde yer almaktadır (Şekil 5).



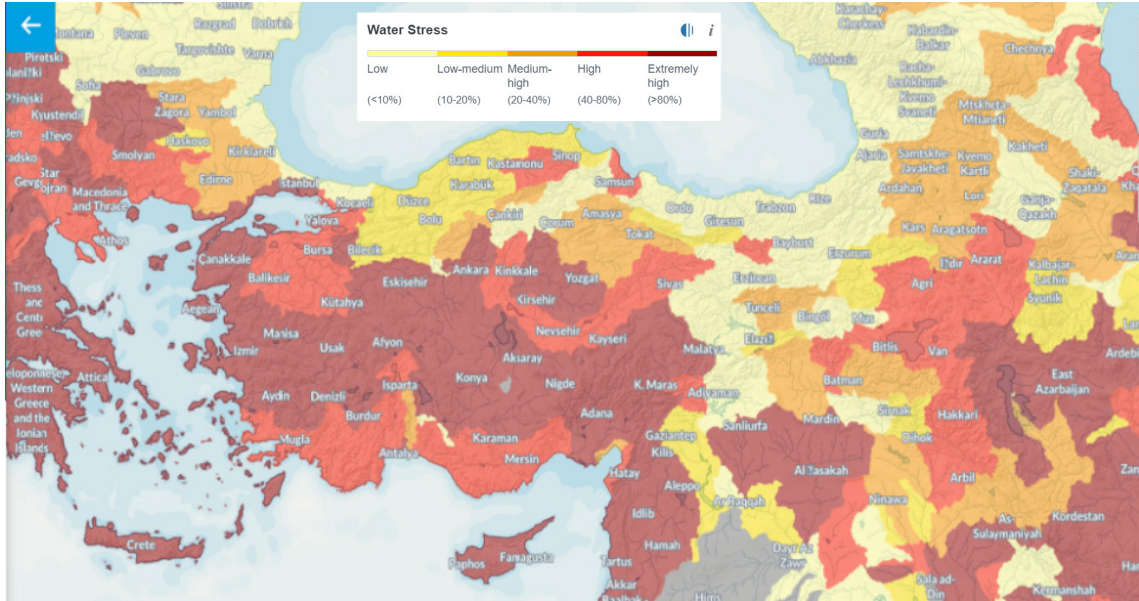
Şekil 5. Dünya su stres haritası. [<https://www.wri.org/insights/highest-water-stressed-countries> (Erişim tarihi:21 Ağustos 2023)]

Dünyada en fazla su stresi yaşayan bölgeler, nüfusun %83'ünün aşırı derecede yüksek su sıkıntısına maruz kaldığı Orta Doğu ve Kuzey Afrika ile %74'ünün maruz kaldığı Güney Asya'dır. Küresel su talebinin giderek artacağı gerçeği, Orta Doğu ve Kuzey Afrika için 2050 yılına kadar nüfusunun %100'ünün son derece yüksek su sıkıntısı yaşayacağı anlamına gelmektedir.

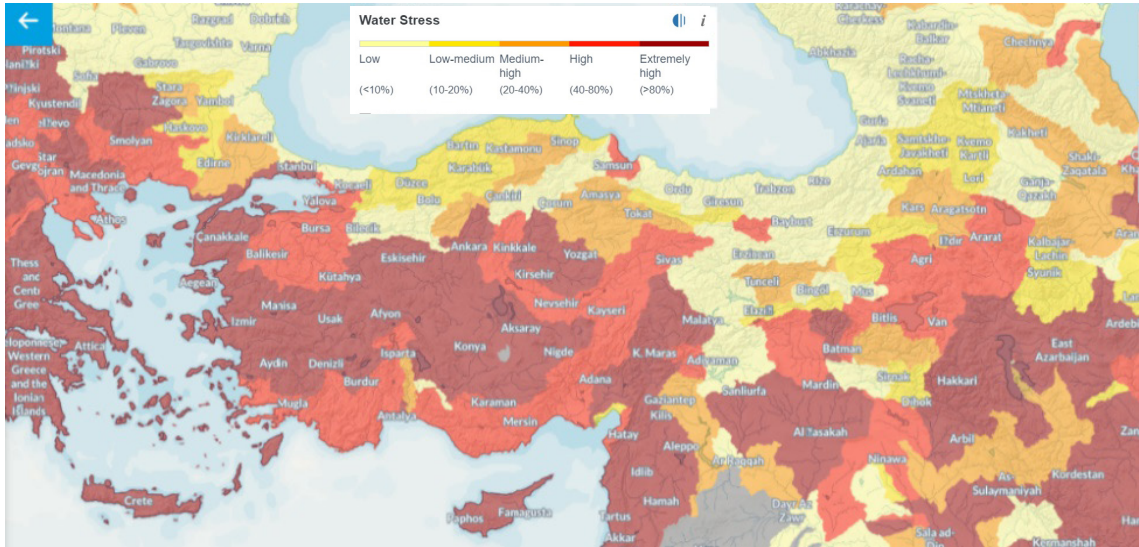
Türkiye için Dünya Kaynakları Enstitüsü'nün iyimser yaklaşımla hazırlanmış olduğu mevcut durum, 2030 ve 2050 yıllarına ait su stress haritaları incelendiğinde, Karadeniz ve Kuzey Doğu Anadolu bölgeleri (Samsun ve Bayburt hariç) nisbeten daha az su stresi etkisindedir. Diğer bölgelerde su stresi riskinin fazla olduğu, Orta Anadolu'nun doğusundan Ege denizine kadar uzanan şeritte yer alan bölgelerle, Şanlıurfa-Mardin-Iğdır-Van-Hakkâri hattındaki bölgelerin ve Hatay bölgesinin yüksek veya aşırı yüksek stress seviyesinde yer aldığı görülmektedir (Şekil 6-8).



Şekil 6. Türkiye'nin mevcut su stress haritası. [<https://www.wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas> (Erişim tarihi: 21 Ağustos 2023)]



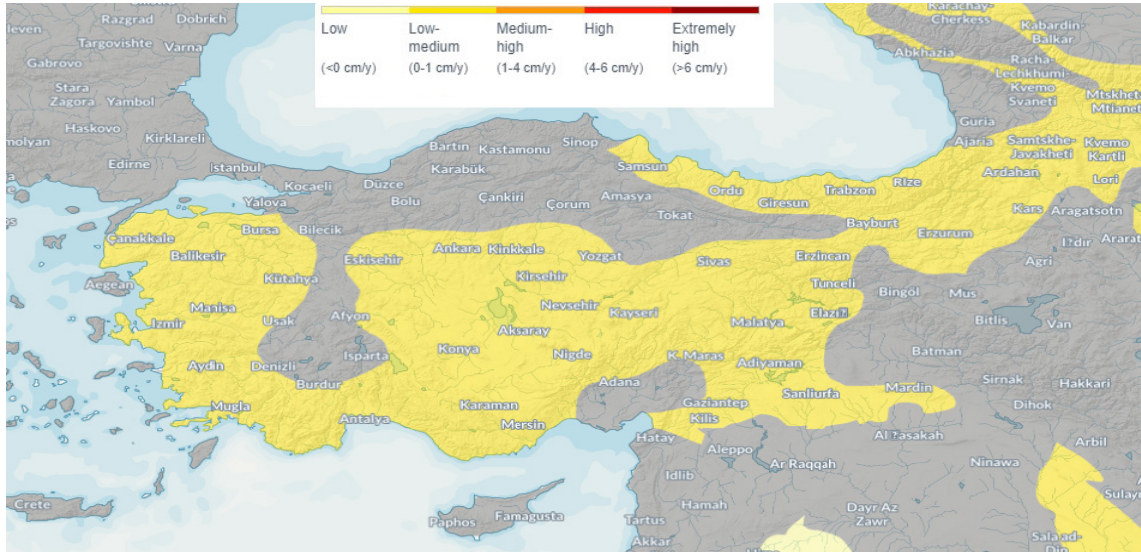
Şekil 7. Türkiye'nin 2030 yılı su stresi haritası. [<https://www.wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas> (Erişim tarihi: 21 Ağustos 2023)]



Şekil 8. Türkiye'nin 2050 yılı su stresi haritası. [<https://www.wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas> (Erişim tarihi: 21 Ağustos 2023)]

Yüzeysel su kaynaklarının yeterli olmadığı koşullarda, yeraltı sularının daha fazla kullanılması nedeniyle havza hidrolojik dengesinin bozulması, yüzeysel su kaynaklarının kısmen veya tamamen kurumasına, jeolojik formasyonlara bağlı olarak obruklar oluşmasına ve deniz kenarına yakın bölgelerde tuzlu suyun girişiyle yeraltı suyu kalitesinde bozulmalara ve sonuçta biyoçeşitlilikte geri döndürülemez şekilde kayıplara neden olabilmektedir. İç Anadolu’da suyun aşırı çekilmesinin oluşturduğu obruklar başta Konya bölgesi olmak üzere Orta Toroslar’da Antalya ve Mersin’de, Konya’ya komşu iller olan Karaman, Aksaray, Afyonkarahisar ve Eskişehir’de yaygınlaşmakta ve yine münferit olarak diğer birçok bölgemizde de görülmektedir (Konya Teknik Üniversitesi, 2023).

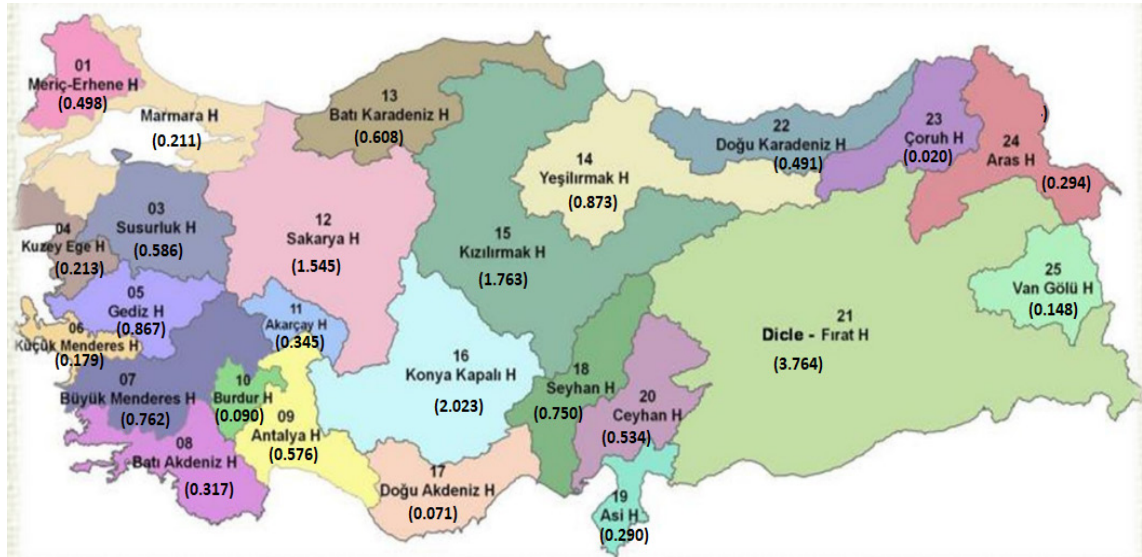
Türkiye için Dünya Kaynakları Enstitüsü tarafından hazırlanmış mevcut durum yeraltı suyu tablası düşüş haritası, Doğu ve Güney Doğu Anadolu’nun doğusu, Adana bölgesi, Batı Karadeniz, Marmara ve Trakya hariç diğer bölgelerde su tablasında düşüş trendi olduğunu göstermektedir (Şekil 9). Özellikle Konya Kapalı havzasındaki DSİ’nin sensörler vasıtasıyla kuyularda yeraltı su seviyesini izleme kayıtları ve bölgedeki çiftçilerin giderek sürekli artan derinliklerden su çekme girişimleri havzada yeraltı su seviyesindeki dramatik azalmayı ortaya koymaktadır.



Şekil 9. Türkiye yeraltı suyu tablası azalış haritası. [<https://www.wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas> (Erişim tarihi: 21 Ağustos 2023)]

Biyoçeşitlilik bakımından önemli bölgelerimizden biri olan, ancak yüzey ve yeraltı sularının kendini yenileyebilme kapasitesinin üzerinde kullanımıyla öne çıkan, bu nedenle yüzey kaynaklarının birçoğunun kuruduğu ve yeraltı suyu çekim derinliklerinin de oldukça arttığı Konya Kapalı havzası; alansal büyüklük olarak Türkiye yüzölçümünün %6,4'üne

sahip olmasına rağmen, 2,4 milyar m³ olan ortalama yıllık akış miktarı ülke toplam akışının %1,3'üne karşılık gelmektedir (DSİ, 2022a). Havzada sulanan alanın 2025 yılına kadar 969 bin ha'a çıkarılması planlanmaktadır. Havzada suyun %90'lara ulaşan oranlarda sulamada kullanıldığı belirtilmektedir (Berke vd., 2014). Yıllık kullanılabilir yüzey üstü su kaynakları potansiyelinin, 2019 yılında Mavi Tünel projesi aktarımıyla (0,414 milyar m³) 1,92 milyar m³ olduğu, 2025 yılında Ecemiş kaynakları, Ermenek çayı ve Köprüçaydan yapılacak aktarımlarla (63 + 226 + 151 milyar m³) 2,36 milyar m³ olacağı belirtilmiştir (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2018a). Hâlihazırda havzanın yıllık işletilebilir toplam yeraltı su rezervi de 2,02 milyar m³ tür (Şekil 10). Böylece, kullanılabilir durumdaki yüzeysel kaynaklarla (2,26 milyar m³/yıl) birlikte havzada 4,3 milyar m³'lük bir toplam su potansiyeli bulunmaktadır.



Şekil 10. Havzaların yeraltı suyu işletme rezerv durumu (milyar m³) (DSİ, 2022a).

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Konya Kapalı havzası sektörel su tahsis planında yer alan model çalışması sonuçlarına göre 2023 yılı tüm sektörler (içme suyu + tarım + hayvancılık + su ürünleri yetiştiriciliği + sanayi + enerji + maden + turizm + ticari su + çevre) toplamı olarak su ihtiyacı normal, hafif, orta, şiddetli ve çok şiddetli kurak koşullarda sırasıyla 4,63 milyar m³, 4,11 milyar m³, 3,20 milyar m³, 2,03 milyar m³ ve 1,84 milyar m³ olarak tahmin edilmiştir. Havza için hafif, orta, şiddetli ve çok şiddetli kuraklık senaryolarında kullanılabilir yüzey üstü sularının sırasıyla %12,3, %33,7, %61,3 ve %65,0 ve yeraltı sularının da %11,0, %30,3, %55,3 ve %59,8 azalabileceği ifade edilmiştir (SYGM, 2018a). Bu durumda, Konya Kapalı havzası her koşulda şiddetli su kıtlığına sahiptir, yani temiz su kaynaklarının kullanımı sürdürülemez durumdadır. Arz yetersizliği nedeniyle geleceğe yönelik bir iyileşme de beklenmemektedir (SYGM, 2015). 2023 yılı sulama suyu gereksiniminin 4,27

milyar m³ olarak tahmin edildiği havzada yıllık toplam 0,136 milyar arıtılmış atık suyun (SYGM, 2018a) sulamada tamamen kullanılmasının da su kıtlığını çözüm noktasında %3 civarında bir alanın sulanması katkısıyla kısmi bir fayda sağlayacağı görülmektedir.

Konya kapalı havzasında ekosistemin bozulmasının nedeni olarak öncelikli konuyu su kıtlığı oluştururken, sanayi ve özellikle tarım ve hayvancılıktan kaynaklanan su kalitesi sorunlarından da bahsedilmesi gerekmektedir (Berke vd., 2014). Havzanın kırsal kesimlerde yürütülen hayvancılık faaliyetleri yanında, havza içerisinde pestisitler ile kimyasal gübrelerin bilinçsiz kullanımı su kalitesi üzerinde baskı oluşturmaktadır (SYGM, 2022a). Kontrolsüz deşarj edilen drenaj sularının tarımsal sulamada temiz bir su kaynağıymış gibi yeniden kullanılması, tarımdan dönen suların tuz yükü yanında yoğun gübre ve ilaç kullanımına bağlı atık içerikleri dikkate alındığında, kıt olan su kaynakları giderek kirlenmektedir.

Aşağı Menderes ve Yukarı Menderes havzalarında da durum oldukça kritiktir, yeraltı suyu tüketimi gün geçtikçe artmaktadır ve geleceğe yönelik projeksiyonlar da artışı göstermektedir (SYGM, 2018b). Trakya bölgesinde sanayi tesislerinin yeraltı suyunu aşırı tüketmeleri de problem olarak pratiğe yansımaktadır. Yoğun su kullanımı yeraltı suyunun seviyesini düşürmüştür ve deniz suyu girişim riski de artmıştır. Sanayi ve yerleşim yerlerinden gelen kirlilik yanında, yoğun tarım nedeniyle Büyük Menderes ve Ergene havzaları kirlilik sorunuyla da öne çıkmaktadır.

Sahip oldukları bitki ve hayvan çeşitliliğiyle önemli doğal alanlar arasında yer alan ve birbirleriyle ekolojik olarak ilişkili olan alanları içeren Büyük Menderes deltası önemli sulak alanlardan birisidir (Tonyaloğlu vd., 2020). Uzun yıllardır kirletilen Ergene nehrinin su kalitesinin ve habitatının da eski haline döndürülmesinin çok zor olduğu, uzun ve pahalı süreçler gerektirdiği belirtilmektedir. Normalde sulak alan ekosistemlerindeki bitkiler, sudaki besinleri ve çözünmüş bazı metal türlerini tüketerek suyun kalitesini doğal yoldan iyileştirirken, suyun azalması ve kirliliğinin artması buradaki habitatı olumsuz etkileyerek suyun doğal arıtma potansiyelini sınırlandırmaktadır. Böylece, tarımda aşırı su tüketimi, su yönetimindeki yetersizlikler, yeraltı su seviyelerindeki önemli düşüşler, toprak kaybı, bozunumu ve kirliliği, sulak alanların kaybı ve iklim değişikliği süreçlerinin etkisi biyoçeşitliliği tehdit eden başlıca çevresel sorunlar olarak görülmektedir. Sulamaya talebin artarak devam etmesi nedeniyle mevcut uygulamalarla kuraklık ve çölleşme ile sulak alanların yok olmasının ve nihayetinde biyoçeşitlilik kaybının önlenmesi zor görülmektedir (Berke vd., 2014).

Konya İl Çevre Durum 2022 yılı Raporu'nda, Konya il sınırları içerisinde yer alan 18 sulak alanla ilgili olarak kaynakların yakınındaki hububat ve şekerpancarı tarlalarından gübre ve pestisitlerin dere ve yağışlarla sulak alanlara taşınarak buraları kirletmesi, habitatın tahrip edilmesi, sulamalara yönelik yoğun su çekilmesiyle su rejimlerine yapılan müdahalelerden

dolayı su seviyesindeki değişimlerin sulak alan ekosistemini olumsuz etkilemesi şeklinde sorunlara vurgu yapılmaktadır. Bu şartlarda Konya Kapalı Havzasında yer alan göl ve sulak alanlarda doğal yaşamın sürdürülebilmesi, ekosistemin canlandırılması ek ve özel önlemler almayı zorunlu kılmaktadır. Su Tahsisleri Hakkında Yönetmelik'te (Anonim, 2019) suyun, kullanım önceliklerine uygun olarak tahsis edilmesi gerektiği, bu durumda ilk üç sırayı içme-kullanma, çevresel su ihtiyacı ve tarımsal sulama ve su ürünleri yetiştiriciliğinin oluşturduğu belirtilmektedir. Ancak, pratikte sulamanın çevresel ihtiyacın önüne geçmiş olmasının ekosistemle ilgili mevcut sorununun ana nedeni olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, Uluslararası Sulak Alanların Korunması Sözleşmesi (RAMSAR) kapsamında Konya Kapalı Havzasında koruma altına alınan ve korunması gereken sulak alanlarla ilgili eylemlerin, Su Tahsisleri Hakkındaki Yönetmelik'te yer alan "su potansiyeli öncelikle havzası içerisinde kullanım önceliklerine göre değerlendirilir" ve "su kaynaklarının kalite ve miktarının korunması, geliştirilmesi, iyileştirilmesi esastır" yaklaşımlarıyla gerçekleştirilmesi önemli olacaktır.

2. TÜRKİYE'NİN HAYVANCILIK SEKTÖRÜ SU İHTİYACI

Türkiye İstatistik Kurumu'nun hayvancılık istatistiklerine göre (TÜİK, 2023a), Türkiye'nin 2022 yılı büyükbaş hayvan sayısı 17.023.791 ve küçükbaş hayvan sayısı 56.265.750 (44.687.888 koyun, 11.577.862 keçi), süt sığırları sayısı 9.882.219'dur. 2022 yılı süt üretimi 21.563.492 ton olup, %92,3' ünü inek sütü oluşturmaktadır (TÜİK, 2023b). Toplam kırmızı et üretimi 2022 yılı itibarıyla 2.191.625 ton olarak gerçekleşmiştir (sığır: 1.572.747 ton, koyun: 489.354 ton, keçi: 115.938 ton, manda: 13.586 ton) (TÜİK, 2023c). 2022 yılı tavuk eti üretimi 2.417.995 ton ve yumurta üretimi 19.808.539.000 adettir (TÜİK, 2023d). Et tavuğu sayısı 251.289.799 ve yumurta tavuğu sayısı 109.806.327'dir (TÜİK, 2023a).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığının, İçme ve Kullanma Suyu Temini ve Dağıtım Sistemleri Hakkında Yönetmeliği'ndeki (Anonim, 2017a) büyükbaş hayvan için 50 L/gün, küçükbaş hayvan için 15 L/gün ve kümes hayvanları için 0,25 L/gün içme suyu tüketimiyle yıllık toplam hayvan içme suyu su ihtiyacı 0,65 milyar m³ (651.689.189 m³) olarak belirlenmiştir. Toplam su ayak izi olarak (yeşil+mavi+gri) bir kilogram sığır eti üretmek için ortalama 15.415 litre su kullanılıyorken, koyun veya keçi etinde 8763 litreye, tavuk etinde 4325 litreye, bir litre süt için 1020 litreye, bir yumurta için 200 litreye ihtiyaç duyulmaktadır (Mekonnen & Hoekstra, 2012; Heinrich Böll Stiftung, 2021; Water Footprint Network, 2023). Su kaynaklarımızı doğrudan ilgilendiren mavi su ayak izi olarak sığır eti için 550 m³/ton, koyun-keçi eti için 457 m³/ton, tavuk eti için 313 m³/ton, süt için 86 m³/ton ve yumurta için 0,015 m³/adet değerlerine göre 2022 yılı et-süt-yumurta üretiminde harcanan temiz su miktarı (mavi su ayak izi) 4,1 milyar m³ (1.905.934.029 m³ + 1.854.460.312 m³ + 297.128.085 m³ = 4.057.522.426 m³) olarak belirlenmiştir.

İklim değişikliğine bağlı sıcaklık artışları hayvanların su tüketimlerini artırmakta, yeterli suya ulaşamayan hayvanlarda strese neden olmakta verimlerini ve doğurganlıklarını düşürmektedir. Bu nedenle biyoçeşitliliğin ana unsurlarından birini oluşturan hayvancılık sektörünün su ihtiyacının da su kaynaklarının yönetim projeksiyonlarında dikkate alınması uygun olacaktır.

3. SULAMADA ALTERNATİF SU KAYNAĞI OLARAK TÜRKİYE'NİN ATIKSU POTANSİYELİ

Marjinal sulardan olan atıksular arıtıldıktan sonra sulamada kullanılarak özellikle tatlı su kaynaklarının kıt olduğu kurak ve yarıkurak bölgelerde alternatif bir seçenek oluşturmaktadır. Arıtılmış atıksuların sulamada kullanımı belediyeler içinde ekonomik ve yönetiminin kolay olması nedeniyle iyi bir deşarj seçeneği olmaktadır. Türkiye arıtılmış atıksu potansiyeli yüksek bir ülkedir. 2020 yılı verilerine göre ülkedeki toplam belediye sayısı 1389, atıksu arıtma tesisi bulunan belediye sayısı ise 1068'dir. Fiziksel, biyolojik, ileri ve doğal arıtma tesislerinin sayısı sırasıyla 60, 593, 223 ve 192'dir. Tüm tesislerin yıllık kapasitesi 6,4 milyar m³, tesislerde geri dönüştürülen yıllık atıksu hacmi ise 4,4 milyar m³tür (TUİK, 2021). Kamu olarak DSİ tarafından da atıksu arıtımına yönelik faaliyetler yürütülmekte ve yapılan tesislerin işletimi belediyelere devredilerek sağlanmaktadır. DSİ tarafından tamamlanan 24 adet atıksu arıtma tesisinde de 322.659 m³/gün atıksu arıtılmıştır (DSİ, 2023). Arıtılmış atıksuyun kaliteli su olduğunun garanti edilememesi, dolayısıyla doğal olmadığından güvenilir olmaması, arıtılmış olsa dahi kimyasal ve ağır metal içeriğinden dolayı gelecekte bunların bilinmeyen etkileri, atıksuyun kullanımını sınırlandırabilecek riskler olarak görülmektedir. Ancak, seçme alternatifi olmadığına da bu algılamaların değişebileceği, kullanılmış suların yeniden kullanımının sorgulamasının sınırlandırabileceği, dolayısıyla su kıtlığının yaşandığı yerlerde insanların kullanılmış suların yeniden kullanımını daha kolay kabul edebileceği belirtilmektedir (SYGM, 2019). Bu nedenle atıksuların su kaynaklarının kıt olduğu bölgelerde sulamalarda daha yaygın kullanıldığı görülmektedir. Atıksular önemli miktarda besin içeriği nedeniyle gübreleme maliyetlerinden de tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca hidrolojik dengesi bozulduğu için tahrip olmuş sulak alanların atıksularla beslenmesinin biyoçeşitliliğin korunmasına da önemli katkıları olacağı belirtilmektedir. Ancak, Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik'le arıtılmış olsa dahi atıksuların yeraltı sularına doğrudan veya dolaylı olarak deşarjı yasaklanmıştır (Anonim, 2012). Dolayısıyla, tatlı su kaynaklarını koruma amacıyla arıtılmış atıksuların bir su kaynağı olarak sulamada değerlendirilmesi uygun bir seçenek olarak öne çıkmasına rağmen, ilgili yönetmelik gereği atıksularla sulamada bu suların yeraltı suyuna sızarak kalıcı bir kirlenmeye yol açma tehlikesini en aza indirecek şekilde uygulama yapılmasına da vurgu yapılmaktadır (Anonim, 2012). Nitrat direktifi yer üstü ve yeraltı sularında nitrat içeriğinin yıl boyunca izlenmesini ve uygulamanın dört yılda

bir yenilenmesini önermektedir. Özellikle göl gibi durgun su ekosisteminde atıksulardan gelen besinlerden kaynaklanan ötrofikasyonun en büyük etkeni de fosfattır ve fosfat kirliliği olarak da tanımlanmaktadır (SYGM, 2021).

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından 2022 yılında arıtılmış atıksuların peyzaj ve tarımsal sulama, endüstriyel kullanım, yeraltı suyu besleme, rekreasyonel kullanımlar, evsel ve endüstriyel uygulamalar gibi birçok alanda yeniden kullanım oranının %4,2'ye ulaştığı, 2023 yılında %5'e, 2030 yılında ise %15'e çıkarılmasının amaçlandığı belirtilmektedir. Mevcut durum verileriyle değerlendirme yaptığımızda bu %15'lik miktarla ancak 100.000 ha civarında bir alanın arıtılmış atıksuyla sulanması söz konusu olacaktır.

4. TÜRKİYE' DE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SU KAYNAKLARINA ETKİSİ

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC, 2022) raporunda 2021-2040 döneminde küresel ölçekte normalde 1,5 °C'lik sıcaklık artışı beklendiği, tehlikeli iklim olaylarında kaçınılmaz artışlar olacağı ve bunun da birçok karasal, tatlı su, kıyı ve deniz ekosisteminde yüksek veya çok yüksek biyoçeşitlilik kaybıyla ekosistemleri olumsuz etkileyeceği belirtilmektedir. Fiziksel su mevcudiyeti, suya erişim ve su kalitesiyle ilgili risklerin orta ile uzun vadede artmaya devam edeceği ve daha yüksek sıcaklık artış seviyelerinde daha büyük risklerle karşılaşılacağı ifade edilmektedir. Erken kar erimesine bağlı olarak bazı nehir havzalarında sulamaya katkı sağlayan eriyen kar suyunun mevcudiyetinin %20'ye kadar düşebileceği, doğrudan sel hasarlarında öngörülen artışlarında, 1,5°C sıcaklık artışına kıyasla 2°C'de 1,4–2 kat ve 3°C'de 2,5-3,9 kat daha fazla olacağı tahmin edilmektedir (IPCC, 2022). İyimser bir senaryo olarak küresel sıcaklık artışı 1,3–2,4°C ile sınırlansa bile, 2050 yılına kadar 1 milyar insanın aşırı derecede yüksek su stresi yaşaması beklenmektedir (WRI, 2023).

IPCC dördüncü değerlendirme raporunda iklim değişikliğinin yarattığı krizden en fazla etkilenecek Akdeniz havzasında Türkiye'nin de yer aldığı bölgede 21. yüzyılın orta ve son dönemleri için oluşturulan iklim değişikliği senaryolarına göre, etkili sıcak hava dalgalarının daha sık görüleceği, Akdeniz'e doğru yağış miktarlarında azalış beklenirken, Karadeniz'e doğru artış olacağı, ancak şiddetli yağışların daha sık görüleceği, kuraklık sorunlarının artacağı belirtilmektedir (Usta, 2016).

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Nihai Raporuna (SYGM, 2016) göre, 2015–2100 periyodundaki sıcaklık artışları dikkate alındığında Van Gölü Havzası, Fırat-Dicle Havzası, Aras, Ceyhan ve Seyhan havzaları en yüksek sıcaklık artışlarının olacağı havzalar olarak görülmektedir. Suyun doğal rezervuarı olan karın sık görüldüğü bu havzalarda hem kar miktarında azalma ve hem de artan sıcaklıkların karın erken erimesine neden olarak kış akışlarını artırırken ilkbahar ve yaz akışlarını azaltması

beklenmektedir. IPCC'nin Küresel İklim Modellemesi yaklaşımlarına göre Türkiye'de yaz döneminde toprak nem içeriğinde %15'e kadar azalışlar beklenmektedir. Kuraklığa bağlı olarak topraktaki nemin azalması bir yandan verimi doğrudan etkilerken diğer yandan topraktan buharlaşmanın azalmasıyla artacak toprak sıcaklıklarının toprak biyolojik aktivitesini değiştirmesiyle de biyoçeşitliliği etkileyecektir.

İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi kapsamında Türkiye iklim seneryolarına göre (SYGM, 2016), 2015-2100 döneminde mevsimsel ve yıllık ölçeklerde önemli bir ısınma süreci yaşanacağı, en yüksek sıcaklık artışlarının Güney Doğu'da ve Akdeniz boyunca olacağı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, kar yağışlarının giderek azalacağı, tahmin edilen en düşük yağış değerlerinin Konya Kapalı Havzasında olacağı bunu Akarçay, Burdur, Kızılırmak ve Sakarya Havzaları'nın izleyeceği, sadece kış mevsiminde yağışlarda artış beklenirken, diğer mevsimlerde yağışta düşüşler olacağı, Türkiye'nin batısında ve güneyindeki yağışta görülecek azalmaların yüzyılın sonuna doğru şiddetleneyeceği, Karadeniz kıyı şeridinde Türkiye'nin doğusuna doğru özellikle kış ve ilkbahar yağışlarında daha fazla olarak 100 mm hatta 150 mm'lere ulaşan yağış artışları olabileceği, önemli yüzey akış kaynaklarını barındıran Fırat-Dicle havzasında yıllık toplam yağışların %3-8 arasında azalacağı, Doğu Anadolu ve Doğu Toroslar'da kar örtüsündeki azalmanın ve erken erimenin etkisiyle Fırat-Dicle Havzası'nın hidrolojik döngüsünün değişeceği, Fırat ve Dicle nehirlerinden mansap ülkelerine bırakılması deklare edilen su miktarlarının yeniden değerlendirmesini gerektirecek 2-12 milyar m³/yıl gibi rakamlara ulaşan kayıplar oluşabileceği görülmektedir. Sınır aşan akarsuları (Fırat, Dicle, Aras, Çoruh, Meriç, Asi) içeren havzalardaki yıllık 71,3 milyar m³'lük su potansiyeli Türkiye havzalarının yıllık ortalama su potansiyeli olan 185,4 milyar m³'ün %38,5'ine karşılık gelmektedir (DSİ, 2022a). Burada 56,3 milyar m³ lük yıllık akış hacmiyle Fırat-Dicle havzasının durumu daha özeldir. Fırat ve Dicle nehirleriyle ilgili uluslararası su hukukunun genel ilkeleri ve yürürlükteki sözleşmeler dikkate alındığında, ülkemizde gelecekte daha fazla su sıkıntısı çekileceği gerçeği bu nehirlerle ilgili hidropolitik süreçlerin takibinin ve yönetilmesinin aciliyetini ve önemini ortaya koymaktadır (Kırkıcı, 2014; Yıldız, 2023). Ayrıca, yağış eksiklikleri yanında artacak buharlaşmanın da su kaynaklarında ve tarım sektöründe stresi yükselteceği, en fazla açığın Doğu Akdeniz ve Konya Kapalı havzalarında olacağı belirtilmektedir (SYGM, 2016).

Dolayısıyla, Türkiye'nin yer aldığı Akdeniz kuşağında küresel ısınmanın sıcaklığı ve buharlaşmayı artırıcı ve yağışı azaltıcı etkisiyle, kuraklık boyut ve süreçlerinin artmasına bağlı olarak arazi kullanım şekillerinde, tarım yöntemlerinde ve su kaynaklarının kullanımında ve su kalitelerinde değişimler yanında, yağış rejimlerindeki değişimlerin etkisiyle sel ve taşkın olayları, toprak kalitelerinde kayıplar, üretkenliklerinde düşüşler beklenen olası riskleri oluşturmaktadır.

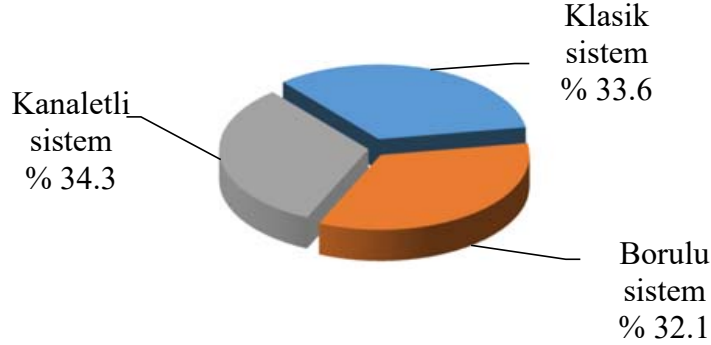
5. TÜRKİYE'DE SULAMA SUYUNUN TEMİNİ VE SULAMA PRATİK, TEKNİK VE TEKNOLOJİLERİ

Kurak ve yarıkurak bölgelerde tarımsal sulamanın sürdürülebilirliği su depolama yapılarının varlığıyla doğrudan ilgilidir. Ülkemizde başta DSİ olmak üzere birçok kurum/kuruluş tarafından öncelikli olarak enerji ve sulama suyu temini amaçla çok sayıda rezervuar inşa edilmiş ve edilmektedir. Ancak, özellikle su talebinin arzı aştığı havzalarda veya buralara su naklinin mümkün olabileceği komşu havzalarda yeni depolama ve regülasyon yapılarına olan ihtiyaç halen devam etmektedir. İklim değişikliğinin yarattığı krizden en fazla etkilenecek bölgelerden biri olan Türkiye’de, IPCC raporlarında ve yapılan diğer çalışmalarda değişen yağış rejimlerinden dolayı yoğun yağışlar sonrası oluşan sellerin sayısının, sıklığının ve hacminin artacağı belirtilmektedir. Ülkemiz bir taraftan kuraklığı yaşarken, su yetersizliklerini konuşurken diğer taraftan da sel felaketlerini yaşamaktadır. Bazı bölgelerimizde aynı yıl içerisinde hem kuraklık hem de sel olayları görülmektedir. Tarımsal üretimi ve ekosistemi negatif yönde etkileyen kuraklık ve sel özelliğindeki akışlarda artışlar, sel sularını da kullanılabilir bir su kaynağı olarak daha fazla depolayarak değerlendirmemiz gerektiğini ortaya koymaktadır. Doğal yaşam ortamı olarak sulak alanlar taşkınların neden olduğu etkilerin azaltılması, yarıltı suyu beslemesi ve su kalitesinin iyileştirilmesi gibi çok sayıda önemli fonksiyonlara sahiptir (SYGM, 2019). Dolayısıyla daha geniş sulak alan ve doğal drenaj alanlarında taşkınların kontrol edilmesi yoluyla, sel sularından yeraltı suyu depolaması artırılarak su rejiminin düzenlenmesine katkılar sağlanabilir.

Yağmurun düştüğü yerde veya taşınarak yeniden kullanımı amacıyla kısa ve uzun süreli depolanmasını sağlamak, yeraltı sularını beslemek ve aynı zamanda tarımda toprak ve su korumaya da hizmet etmek amacıyla çeşitli su hasadı teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknikler küçük ölçekli özellikle çok bilinen bir çatı su hasadından mikro ve makro havza ölçeğine ve taşkın hasadına kadar geniş yelpazede farklı birçok uygulamayı kapsamaktadır (SYGM, 2022b). Ölçek büyüdükçe, özellikle de taşkın suyu hasadında, büyük rezervuarlara da ihtiyaç duyulmaktadır. Yüzey su kaynaklarının bankası olan yeraltı su kaynaklarının yağmurla gelen suyla veya yüzey akış sularıyla beslenmesinin artırılması veya menba kısmında yeraltı su seviyesindeki düşüşlerin azaltılması, kıyı bölgelerde yeraltından denize tatlı suyun boşa akıp gitmesinin önlenmesi, tutulan suyun kirlenme riskinin ve buharlaşmayla kaybının azaltılması amacıyla kurak ve yarıkurak bölgelerde çoğunlukla yerel ihtiyaçları karşılayabilecek kapasitelerde yeraltı barajlarında su depolanması da her geçen gün artmaktadır (Apaydın, 2014). Yüzey üstü depolamalarına göre kamulaştırma da dâhil daha düşük maliyetlerle inşa edilebilen yeraltı barajları ülke geneline yayılmış bir uygulamaya dönüşmüştür. DSİ tarafından yürütülen Yarıltı Barajları Eylem Planı’na göre 2023 yılına vurgu yapılarak 50 milyon m³ su depolayacak 150 yeraltı suyu besleme tesisi yapılacağı, bunun 88’inin tamamlandığı hatta bu sayının devamında 246’ya kadar çıkarılabileceği belirtilmektedir (DSİ, 2022b).

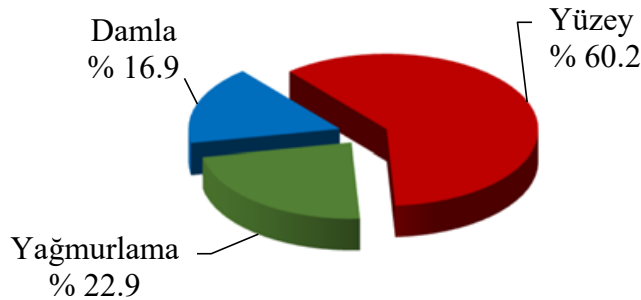
Suyun depolanması kadar kaynaktan kullanılacağı alana kayıpsız veya en az kayıpla iletilip dağıtılması da önemlidir. 2018-2021 döneminde DSİ tarafından işletilen şebekelerde suyun iletim ve dağıtımını sağlayan açık kanal, kanalet ve borulu sitemlerde, iletim kaybının en az

olduğu borulu sistemler lehine artışlar görülmüş, 2021 yılında borulu sistemde 2018'e göre artış %34 olmuş ve 2021 yılında üç şebekenin oranı birbirine yaklaşmıştır (Şekil 11) (DSİ, 2022a).



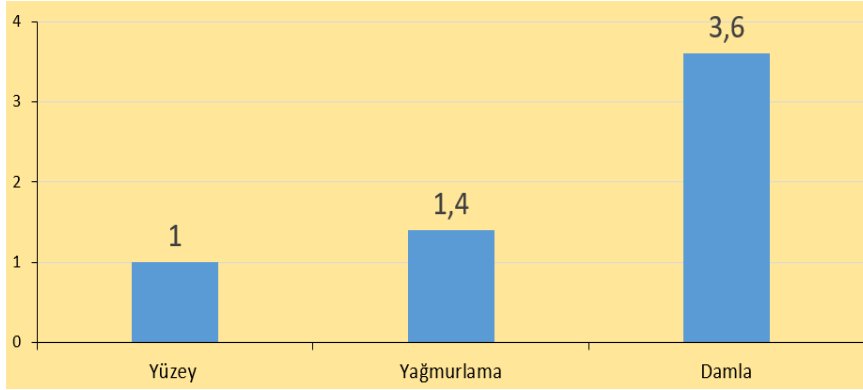
Şekil 11. DSİ tarafından geliştirilen sulama şebekelerinde su iletim-dağıtım sistemlerinin oransal dağılımı (DSİ, 2022a).

2018-2021 döneminde DSİ şebekelerinin hizmet ettiği alanlarda kullanılan sulama yöntemlerinde basınçlı sulama yöntemleri (damla ve yağmurlama) lehine artışlar olmuş, 2021 yılında basınçlı yöntemlerle sulanan alanların oranı %39,8 ve yüzey sulama yöntemlerinin kullanım oranı %60,2 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 12). Tüm kurum, kuruluş ve bireysel işletmelerin sulama pratikleri üzerinden değerlendirme yapıldığında da 2000'li yılların başında 20 tarladan birinin basınçlı sulama yöntemleriyle sulandığı durumdan günümüzde yaklaşık 3 tarladan birinin basınçlı yöntemlerle sulandığı duruma ulaşılmıştır.



Şekil 12. DSİ tarafından geliştirilen sulama şebekelerinin hizmet alanlarında kullanılan sulama yöntemleri (DSİ, 2022a).

Temiz su kaynaklarıyla sulamada damla sulama hem su uygulama randımanının yüksek (%85–95) olması ve hem de sık yetiştirilmeyen tarla bitkileri ve sebzelerle, meyve bahçeleri ve bağlarda alanın tamamen ıslatılmaması nedeniyle birim suya karşılık en fazla alanın sulanmasına olanak sağlamaktadır. Damla sulamada yüzey sulamaya göre aynı miktar suyla sulanan alan miktarı 3-4 katına kadar artırılabilir (Şekil 13).



Şekil 13. Sulama yöntemlerinde aynı miktar suya karşılık sulanan alan oranları.

Sulamaya yeni açılan alanlarla birlikte hem borulu sistemlerin ve hem de basınçlı sulama yöntemlerinin oranının arttığı belirlenmiştir. Borulu sistemlerde şebekeden sağlanan basıncın damla ve yağmurlamada pompa enerji maliyetlerini azaltması veya tamamen ortadan kaldırması yanında çiftçilerin kullandıkları suyun ölçümüne de imkân vermesinin basınçlı sulama yöntemlerine geçişi desteklediği söylenebilir.

2021 yılı net sulama alanına göre DSİ sulama tesislerinin yaklaşık %80'inde devredilen kuruluşlarca yaklaşık %13'ünde ise sulama kooperatiflerince işletim yapılmaktadır. 2015-2021 dönemi DSİ tarafından işletilen ve devredilen sulama tesislerinin sulama randımanlarına göre 2015 yılında yaklaşık %43 olan değer, 2021 yılında %55'in üzerine çıkmıştır (DSİ, 2022a). Sulama Sistemlerinde Su Kullanımının Kontrolü ve Su Kayıplarının Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik'te de %50 olan sulama randımanının 2024 yılında %55 seviyesine yükseltilmesi hedeflenmektedir (Anonim, 2017b). Sulama suyu uygulama ve kontrol sistemlerinin modernizasyonu, sulama yönetiminde akıllı teknoloji kullanımının yaygınlaştırılması, bölgede kullanılabilir su varlığına göre ürün deseninin oluşturulması, kurak bölgelerde daha az su tüketen bitkilerin ve çeşitlerin yetiştirilmesi amacıyla ürün desteklemelerinin bununla uyumlu hale getirilerek teşvik edilmesi, yağmur suyu hasadına yönelimi sağlayacak uygulamaların artırılması, toprak nemini korumaya yönelik uygulamalara (örneğin malçlama, doğrudan ekim) yer verilmesi ve sulamadan dönen suların tarımsal sulamada yeniden kullanımının yollarının geliştirilmesi gibi uygulamalarla sulama

randımanın %75'e ulaşacağı görüşü dikkate alındığında (Su Verimliliği Seferberliği, 2023), her bir hektardan kazanılacak su ile (0,75/0,55) 0,36 ha ilave alanın sulanması sağlanmış olacaktır.

Sulama projeleri yapılan alanlarda suyun kullanım etkinliğini düşüren bir diğer faktörde sulama oranlarının düşük olmasıdır. Havza bazında sulama oranları 2019-2021 döneminde %57 olarak gerçekleşmiştir. Tam sulama oranıyla Seyhan havzası ilk sırada yer alırken, Ceyhan, Asi, Büyük Menderes, Fırat-Dicle, Konya Kapalı ve Doğu Akdeniz havzaları %70' i aşan sulama oranlarıyla bunu izlemişlerdir (DSİ, 2022a).

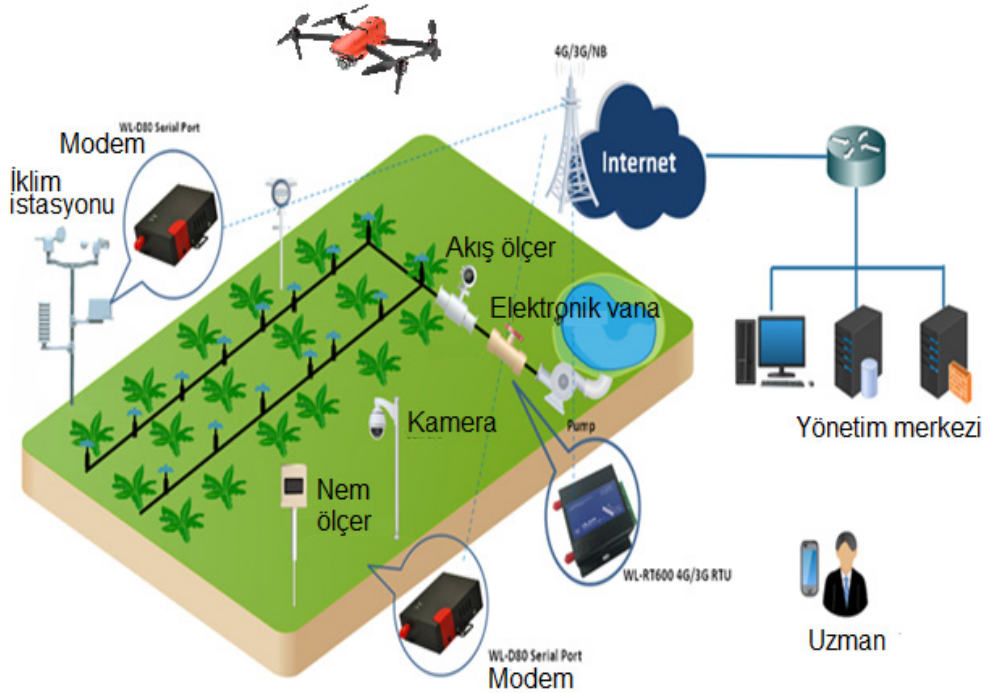
Tarımsal sulama uygulamalarının etkinliğini artırmada arazi toplulaştırmanın da önemi fazladır. Özellikle 2002 yılından sonra hızlanmış toplulaştırma çalışmalarıyla ülkemizde tarım havzalarında toplam 6,02 milyon ha alanda toplulaştırma tescil işlemleri gerçekleştirilmiştir (DSİ, 2022a).

Teknolojik devrimlerin etkisinin görüldüğü ve gelecekte daha fazla görüleceği alanlardan biri de tarımdır. Geleceğin tarımında toprak, bitki ve iklim verilerini izleme, havadan veya uydudan görüntüleme ve haritalama, büyük veri analizi, yapay zeka algoritmalarıyla yönetim ve robotlar gibi gelişmiş teknolojiler yaygın bir şekilde kullanılacaktır. Teknolojik olarak geliştirilmiş bilgi ve kontrol sistemlerinin kullanılmasıyla girdi kullanımının azaltılarak üretimin artırılması yanında üretimden kaynaklanan çevresel zararında en aza indirilmesi amaçlanmaktadır.

20. yüzyılın ortalarında gerçekleştirilen yeşil devrimle, yüksek verimli türlerin ekilmesi, kimyasal gübre ve pestisitlerin kullanılması ve makineleşmeyle gıda üretiminde büyük artışlar görülmesine rağmen aşırı kimyasal kullanımının çevreye verdiği zararlar da fazla olmuştur. Dolayısıyla, teknolojinin temel olumsuz etkisi, çevrenin ve atmosferin bozulması olmuştur. Ancak, Tarım 4.0 net olarak göstermiştir ki, hassas tarım yaklaşımları kapsamında artık değişken oranlı uygulamalarla tarlanın her tarafına eşit şekilde su, gübre ve pestisit uygulanmasına gerek yoktur. Böylece, daha az atık üreten süreçlerle "Ekolojik sürdürülebilirlik" açısından da daha güvenli üretim koşulları sağlanabilmektedir.

Su kaynaklarının tarımda kullanım etkinliğinin artırılmasında toprak ve bitkiyi izlemeye dayalı yöntemlerle, iklim verileriyle su tüketimi tahmin modelleriyle ve havadan (uydu, uçak, İHA, drone, yer tabanlı platformlar) spectral ölçümler ve haritalandırmalar yapılarak bitki su içeriğinin, stres düzeyinin tahmini ve böylece sulama zamanının tespiti yapılabilmektedir. Verilecek sulama miktarı da bitki ihtiyacı veya topraktaki eksiklik üzerinden otomatik hesaplanarak, verileri bir ağ geçidi ile bir bulut sistemine veya farklı bir uç cihaza aktararak paylaşan, kendi karar veren sistemlerle uygulamayı gerçekleştiren IoT sistemlerle insan müdahalesi olmadan veya mobil bilişim teknolojisiyle uzaktan kontrollü

kişisel bir yönetimle, sulamaları tam kontrollü hale getirebilmektedir (Şekil 14). 5G'nin sağladığı yüksek hızlı veri iletimi sayesinde de gerçek zamanlı uygulamaların etkinliğinin daha da artması söz konusu olacaktır.



Şekil 14. Tam kontrollü sulama yönetimi teknolojisi.

Türkiye’de Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesinde tarımsal üretimin tüm bileşenlerine yönelik olarak oluşturulmuş Tarım Bilgi Sistemleri veritabanları ile veri analizleri ve raporlamalar yapılabilmektedir. Değişken oranlı gübreleme, otonom traktörler, çiftlik yönetim sistemi, hava araçlarıyla görüntüleme ve tahminleme ve hayvancılık alanlarında, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) işbirlikli projeler yürütülmüştür (Akıllı Tarım Platformu, 2019). TAGEM bünyesinde yer alan ve sulama programlanmasına imkan sağlayan çiftçilerin ve sulama organizasyonlarının ulaşım kullanabileceği Sulama Yönetimi ve Bitki Su Tüketimi (SUET) programının uygulaması ülkemizde giderek yaygınlaşmaktadır. Üniversitelerde akıllı tarım teknolojilerinin pratiğinin geliştirilmesine yönelik çok sayıda AR-GE çalışmaları planlanmakta ve yürütülmektedir. Üniversite, kamu ve özel sektör işbirlikleri ile tarımda teknoloji uygulama ve geliştirme çalışmaları da artmaktadır. Mobil iletişim sağlayan firmaların tarımda akıllı teknolojilerin kullanımına yönelik alt yapı oluşturma faaliyetleri de aktif bir şekilde devam etmektedir.

6. BİYOÇEŞİTLİLİĞİN KORUNMASINDA TARIMSAL SU YÖNETİMİNİ GELİŞTİRME YOLLARI

Kalkınma Bakanlığı, On Birinci Kalkınma Planında (2019-2023) belirtildiği gibi sürdürülebilir bir tarım sektörü ancak çevresel, sosyal ve ekonomik hedeflerin birlikte gerçekleştirilmesiyle oluşturulabilir (Kalkınma Planı, 2018). Dolayısıyla, su ve toprak kaynaklarını daha az kirleten ve koruyan, etkili kullanan, arz-talep dengesini kurmuş, alt yapı sorunlarını çözmüş ve ileri teknolojiyi de içeren bütünleşmiş bir su yönetim planının uygulanması tarımsal sulamanın sürdürülebilirliğine ve biyoçeşitliliğin korunmasına birlikte hizmet etmiş olacaktır.

İklim değişikliğinin etkisiyle Türkiye’de gelecekte daha sıcak ve kurak koşullar yaşanacağından, suyun yetersizliği konusu çok daha önemli hale gelmiştir. Ancak, suyun kalitesinin korunamaması, miktarına göre tarım yapılmaması ve israf edilmesi diğer önemli kısıtları oluşturmaktadır. Azalan yıllık yağış miktarları, azalan kar yağışları ve erken kar erimeleri ve yağış rejimleri değişiminin sonucu olarak sel rejiminde akışların gelecekte daha da artacağı artık beklenen bir gerçektir. Bu durum, kıt su kaynaklarının geliştirilmesi açısından, yüzey ve yeraltı depolamasının ve yağmur suyu hasadı uygulamalarının artırılmasını gerekli kılmıştır. Barajlar ve regülatörler inşa etmek, nehir aşağı akışlarını azaltıp nehir sisteminin hidrolojisini değiştirerek havzalardaki tüm yaşamı etkilese de tersine, yeraltı suyunun beslenmesiyle doğal yaşamın sürdürülebilirliğine önemli faydalar da sağlayabilir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Biyoçeşitliliğin korunmasına ve geliştirilmesine katkı sağlamak amacıyla tarımda suyun etkili kullanımı ve yönetimine yönelik konular aşağıda sıralanmıştır.

- Elektrik enerjisi üretmede su dışındaki seçeneklerin oranının artmasıyla, depolama yapılarındaki suyun tarımsal sulama döneminde daha kontrollü bir şekilde boşaltımına olanak sağlanarak, depolanan suyun tarımda kullanılan miktarı artırılabilirdiği gibi, nehir yatağındaki doğal yaşamın sürdürülebilirliğine de katkı sağlanmış olur.
- Sanayi tesislerinin atıklarının su kaynaklarını kirletmesini engellemeye yönelik yönetmelik ve yaptırımlar bulunmaktadır, ancak devam eden kirlilik süreçlerinin denetimine yönelik daha fazla çaba harcanması gerekmektedir.
- Tarım ve Orman Bakanlığı’nın sorumluluğundaki tarımdan dönen sularda kimyasal gübrelerin aşırı kullanımından ve bitki korumada yaygın olarak kullanılan pestisitlerden kalıntılarla birlikte, hayvancılığa ait gübre atıklarından kaynaklanan su kirliliğini önlemeye yönelik denetim ve tedbirlerin çiftçi düzeyinde karşılığının görüleceği şekilde uygulamaların geliştirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

- Ülkemizde su kirliliğinin önlenmesi amacıyla yapılacak izleme ve denetleme usul ve esaslarını içeren “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği” kalite izleme ve değerlendirmede genel olarak yeterli görülebilir. Ancak, su kaynaklarının korunması ve iyileştirmesine yönelik bölgelere özel uygulama ve tedbirler konusunda geliştirilmesi beklenen faydayı artıracaktır. Avrupa Birliği çevre ve iklim değişikliği faslında yer alan su kalitesine ilişkin mevzuata uyum sağlama çalışmaları da burada önemli olacaktır.
- İyi durumda olan yeraltı sularının mevcut durumunun korunması, kirliliğin önlenmesi ve kötü durumda olan yeraltı sularının da iyileştirilmesi kapsamında “Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik” gereği karasal ve su ekosistemlerinin kalitesine zarar verme riski olan faaliyetlerin önlenmesine yönelik teknik çalışmaların sayısının artırılmasına ihtiyaç vardır.
- Biyoçeşitliliğin korunmasında önemli olan sulak alanların geliştirilmesine yönelik faaliyetlerin sayılarının artırılması, su kalitesini iyileştirerek su arıtma maliyetlerinden de tasarruf sağlaması açısından yararlı olacaktır.
- Hem tatlı su kaynaklarından hem de gübreleme maliyetlerinden tasarruf açısından Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında uyumlu olarak kullanılmış suların uygun kaliteye getirilerek başta tarımsal sulama olmak üzere yeniden kullanım oranı artırılmalıdır.
- Arıtılmış atıksuların her ne kadar da arıtılmış olsa dahi kimyasal ve biyolojik içerikleri nedeniyle deşarj edildikleri özellikle durgun su kaynaklarının kalitesini olumsuz yönde etkilemesi söz konusudur. Dolayısıyla bu suların büyük oranlarda tarımsal sulamada kullanımı bu riski de azaltmış olacaktır.
- Atıksularla sulama koşullarında aynı tarlanın her yıl sürekli atıksuyla sulanmaması, atıksu ve temiz suyun sezon içinde dönüşümlü uygulanması veya atık ve temiz suyun karıştırılarak uygulanması atıksudan kaynaklı toprak ve bitkideki kirlilik riskini azaltacaktır.
- Atıksuyla sulamada özellikle yeraltı su kaynaklarındaki kirliliği önleme amaçlı olarak suyun en yüksek randımanla uygulandığı damla sulama yöntemin seçilmesi düşünülmelidir. Ancak, burada sistem performansını etkileyecek damlatıcı tıkanma riskinin de yönetilmesinin gerektiği dikkate alınmalıdır. Su kalitelerinin iyileştirilmesi damla sulamanın performansını da artıracaktır.
- Yine marjinal sulardan olan tuzlu suların sulamada kullanılmasının gerektiği koşullarda da damla sulama yöntemi topraktaki nemin sürekli yüksek tutulabilmesiyle diğer yöntemlere göre daha iyi bitki gelişimi sağlayabilmektedir.

- Sulanan alanlarda %55 civarında olan su uygulama randımanı, damla ve yağmurlama sulama gibi sulama yöntemleri yüzey sulama aleyhine geliştikçe artacağından, mevcut suyla daha fazla alanın sulanması mümkün olacaktır. Özellikle damla sulamada yüzey sulamaya göre aynı miktar suyla 3-4 katı daha fazla bir alan sulanabilmektedir.
- Çok yıllık bitkilerle, meyve ağaçları ve bağların sulanmasında yüzeyaltı damla sulamanın yaygınlaştırılması suyun ve gübrenin çok daha etkili kullanılması açısından daha uygun olacaktır.
- Eğimli arazilerde, geçirgen ve derinliği az olan topraklarda ve kök derinliği az olan bitkilerde de basınçlı sulama yöntemleri daha randımanlı sulamayı olanaklı kılmaktadır.
- Basınçlı sulama yöntemlerinin yaygınlaşması ekosistemi tehdit eden plastik atık sorununu da getirmektedir. Bu nedenle, basınçlı sulama yöntemlerinde ana ve manifold boru hatlarının, boruların kullanım ömrünü uzatacağından yüzey altına gömülü planlaması düşünülmelidir. Yüzeyaltı damla sulamada sistemdeki boruların tamamının yüzey altında olması avantaj sağlamış olacaktır.
- Yeni sulamaya açılacak alanlarda borulu sulama şebekesi yatırımlarıyla birlikte eski şebekelerinde borulu sistemlere dönüştürülmesi çalışmalarının artırılması, kapalı şebekelerin hem suyun ölçülerek daha etkili dağıtılmasını olanaklı kılması ve hem de işletme enerji giderlerini azaltması nedeniyle basınçlı sulama yöntemlerine geçişi desteklemesi açısından yararlı olacaktır.
- Borulu su dağıtım sistemleriyle bütünleşik damla ve yağmurlama sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması, sulamada otomasyonu da kolaylaştıracaktır.
- Basınçlı sulama yöntemlerinin tercihinde kısıt oluşturan enerji maliyetlerini azaltmada güneş panelli sistemlerin yaygınlaştırılması da yararlı olacaktır. Güneş enerjili damla sulama sistemleri sürdürülebilir bir sulama çözümü olarak Birleşmiş Milletler tarafından da önerilen ve desteklenen bir konudur.
- Yüzey sulama yöntemlerinin kullanıldığı alanlarda sulamanın etkinliğini artırmak için suyun kontrollü uygulanmasına olanak tanıyan ekipmanların (karık sulama boruları ve sifon gibi) kullanımının yaygınlaştırılmasına ihtiyaç bulunmaktadır.
- Yüzey sulamada randımanı artırmak için yüzey sulama modelleriyle her yöreye en uygun parsel boyutları ve akış debilerinin belirlenmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

- Yüzey sulama yapılan alanlarda su kayıplarını azaltmak için suyun parselde ilerleme sürecinin kısaltılmasına olanak tanıyan fasılalı sulama tekniğinin kullanılması, tarlada yüzey akışlarla su kaybını azaltmada da azaltılmış debilerle sulama tekniğinin uygulanması yaygınlaştırılmalıdır.
- Kısıtlı sulama yaklaşımıyla özellikle suya tepkisi fazla olmayan bitkilerden su tasarrufu yapılarak ek alan açılıp toplam üretimin bu yolla artırılması da seçenek olarak değerlendirilmelidir.
- Kısmi kök kuruluğu veya yarı ıslatmalı sulama ve kontrollü kısıtlı sulama teknikleri kullanılarak birim suya karşılık verimin artırılması sağlanabilir.
- Su talebinin karşılanamadığı havzalarda, iklim bilimcilerin tahminleri de dikkate alınarak, çiftçilerin suyu çok daha verimli kullanacakları ekinlere yönelmelerini, suya göre tarım yapmalarını olanaklı kılacak planlamalar yapılması yararlı olacaktır.
- Biyoçeşitliliğin önemli bir bileşeni olan hayvancılık sektörüne ilişkin su taleplerinin de dikkate alınarak havza su kaynaklarının yönetim planlarına dâhil edilmesi düşünülmelidir.
- Gen teknolojisi çalışmaları ile kuraklık ve tuzluluk gibi stres faktörlerinin etkisini minimize edebilecek savunma mekanizmaları geliştirilmiş bitki tür ve çeşitleri tercih edilebilir.
- Yine kurak ve/veya tuzlu koşullarda bitki gelişimini destekleyen çeşitli biyolojik (bitki büyümesini düzenleyen bakteriler, mikoriza gibi) veya kimyasal ajanların ve materyallerin (prolin, salisilik asit, hidrojen peroksit, kalsiyum, potasyum uygulamaları gibi) kullanılması seçenekleri de değerlendirilebilir.
- Toprakta nemin tutulumunu arttıran bazı toprak düzenleyicilerin (zeolit ve bioçar gibi) kullanılması yanında topraktan su kaybını azaltmada malçlama ve doğrudan ekim uygulamalarının yaygınlaştırılması da su tasarrufuna katkı sağlayacaktır.
- Tarımsal sulamanın başarısı sulama zaman ve miktarının doğru belirlenmesiyle yakından ilgilidir. Akıllı tarım teknolojileri, yazılımları ve algoritmalarıyla bu süreçlerin sağlıklı yönetilmesi artık mümkün hale gelmiştir. Bu kapsamda, Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü bünyesindeki Sulama Yönetimi ve Bitki Su Tüketimi (SUET) programının çiftçi ve sulama organizatörleri tarafından daha yaygın kullanılması yollarının araştırılması önemli olacaktır.

- Suyu doğru yöntemle istenen yere, gereken zamanda ve miktarda vererek sulama performansını en üst düzeylere taşıyabilen akıllı sulama teknolojilerinin işletim aşamalarında teknik bilgi gerektiğinden, çiftçilerin bu yönde eğitimlerinin de sağlanması yararlı olacaktır.
- Su yönetiminde akıllı teknolojilerin yaygınlaşması Ulusal Su Bilgi Sistemi çalışmalarına da önemli katkılar sağlayacaktır. Böylece suyun paylaşılmasında bir standardizasyon sağlayacak karar destek sistemlerinin kullanımının yaygınlaşmasıyla tasarruflu su kullanımı hedeflerine daha kısa sürede ulaşılması mümkün olacaktır.
- Sulama teknolojilerine ilişkin AR-GE çalışmalarının daha fazla desteklerle artırılması, sulama verimliliğinin gelişimini destekleyecektir.
- Yapay zekâ yaklaşımlarıyla havza bazlı yönetime geçişin desteklenmesi gerekmektedir. İklim değişikliğinin tarımı büyük ölçüde etkilediği günümüz koşullarında çiftçilerin verileri anlık izleme ve analiz etme imkânı bulunmamaktadır. Ancak yapay zekâ yaklaşımı, meteorolojik verileri, bitki gelişim istatistiklerini, hava, toprak ısı ve nemi gibi onlarca veriyi içeren veri setlerini kullanarak, makine öğrenmesi ve algoritmalarıyla, bölgelere ve bitkilere özel sulama programlarının hızlıca oluşturulmasını sağlayabilmektedir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Akıllı Tarım Platformu (2019). Türkiye’de Akıllı Tarımın Mevcut Durum Raporu. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Akıllı Tarım Platformu, Ankara.
- Anonim (2012). Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik. Resmî Gazete Sayı: 28257, Ankara.
- Anonim (2017a). İçme ve Kullanma Suyu Temini ve Dağıtım Sistemleri Hakkında Yönetmelik. Resmî Gazete Sayı: 30208, Ankara.
- Anonim (2017b). Sulama Sistemlerinde Su Kullanımının Kontrolü ve Su Kayıplarının Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik. Resmî Gazete Sayı: 29981, Ankara.
- Anonim (2019). Su Tahsisleri Hakkında Yönetmelik. Resmî Gazete Sayı: 30974, Ankara.
- Apaydın, A. (2014). Yer Seçiminden İşletmeye Yeraltı Barajları. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Berke, M.Ö., Dıvrak, B.B., & Sarısoy, H.D. (2014). Konya’da Suyun Bugünü Raporu. WWF-Türkiye
- Dökmeci, S, Manap G.R., & Onur, M. (2022). Çevresel Göstergeler, Su Kullanımı. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Ankara.
- DSİ (2022a). DSİ 2021 Yılı Resmi Su Kaynakları İstatistikleri. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/1622> (Erişim tarihi: 8 Eylül 2023)
- DSİ (2022b). Kuraklığa karşı 88 yeraltı barajı. <https://dsi.gov.tr/Haber/Detay/7207> (Erişim tarihi: 9 Eylül 2023)
- DSİ (2023). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2022 Faaliyet Raporu. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara
- Faergemann, H. (2012). Update on Water Scarcity and Droughts Indicator Development. In EC Expert Group on Water Scarcity & Droughts. European Environment Agency (EEA): Brussels, Belgium, pp. 1–23.
- Gökçe, N. (2022). Küresel Su Stresi ve Ölçüm Yöntemleri. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 7(1), 189-208.
- Heinrich Böll Stiftung (2021). Meat Atlas. Facts and figures about the animals we eat. https://friendsoftheearth.eu/wp-content/uploads/2021/09/MeatAtlas2021_final_web.pdf. (Erişim tarihi: 4 Eylül 2023)
- IPCC (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp, doi:10.1017/9781009325844

- Kalkınma Planı (2018). T.C. Kalkınma Bakanlığı On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023), Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
- Kırkıcı, D.D. (2014). Sınır Aşan Sular Bağlamında Türkiye, Suriye ve Irak İlişkileri. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Uzmanlık Tezi, Ankara.
- Konya Teknik Üniversitesi (2023). Konya Teknik Üniversitesi, Obruk Uygulama, Araştırma Merkezi. <https://www.ktun.edu.tr/tr/Birim/Index/?brm=LI4ZaR6VzKx3bmsGxi2H4w==> (Erişim tarihi: 18 Ağustos 2023)
- Mekonnen, M.M., & Hoekstra, A.Y. (2012). A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems*, 15(3): 401-405.
- Öktem, A.U., & Aksoy, A. (2014). Türkiye'nin Su Riskleri Raporu. WWF-Türkiye.
- Su Şurası (2021). Su verimliliği grubu çalışma belgesi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 1. Su Şurası, Ankara.
- Su Verimliliği Seferberliği (2023). Su verimliliği seferberliği. <https://www.suverimliliği.gov.tr/tarimsal-su-verimliliği/> (Erişim tarihi: 23 Ağustos 2023)
- SYGM (2015). Konya Havzası Kuralık Yönetim Planı. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- SYGM (2016). İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerindeki Etkileri Projesi, Proje Nihai Raporu. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- SYGM (2018a). Konya Kapalı Havzası Sektörel Su Tahsis Planı (2019-2024). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- SYGM (2018b). Küçük Menderes Havzası Kuraklık Yönetim Planı. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- SYGM (2019). Kullanılmış Suların Yeniden Kullanım Uygulamalarına İlişkin Rehber Doküman. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- SYGM (2021). Tarım Sektöründe Su Verimliliğine İlişkin Metodolojik Rehber. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- SYGM (2022a). Konya Havzası Kuraklık Yönetim Planının Güncellenmesi Projesi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- SYGM (2022b). Yağmur Suyu Hasadı. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2018). Ulusal Su Planı (2019-2023). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Tonyaloğlu, E.E., Atak, B.K., & Yılmaz, K.T. (2020). Korunan alanlarda bütüncül yönetim: Büyük Menderes deltası ve bağlantılı sulak alan sistemi örneği. *Turkish Journal of Forest Science*, 4(2), 282-301.

- TUİK (2018). Nüfus Projeksiyonları, 2018-2080. Türkiye İstatistik Kurumu, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Nufus-Projeksiyonlari-2018-2080-30567#> (Erişim tarihi: 29 Ağustos 2023)
- TUİK (2021). Su ve Atıksu İstatistikleri, 2020. Sayı: 37197, Ankara.
- TUİK (2023a). Hayvancılık İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- TUİK (2023b). Çiğ Süt Üretim İstatistikleri, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu, Sayı: 49699, Ankara.
- TUİK (2023c). Kırmızı Et Üretim İstatistikleri, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu, Sayı: 49696, Ankara.
- TUİK (2023d). Kümes Hayvancılığı Üretimi, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu, Sayı: 49417, Ankara.
- United Nations (2022). United Nations, Department of Economic and Social Affairs Population Division, World Population Prospects 2022, <https://population.un.org/wpp/> (Erişim tarihi: 23 Ağustos 2023)
- Usta, A. (2016). Türkiye'nin su potansiyelinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Küresel Mühendislik Çalışmaları Dergisi*, 3(2), 1-9.
- Water Footprint Network (2023). Water Footprint Network. <https://www.waterfootprint.org/> (Erişim tarihi: 4 Eylül 2023)
- WRI (2023). 25 Countries, Housing One-quarter of the Population, Face Extremely High Water Stress. August 16, 2023 By Samantha Kuzma, Liz Saccoccia and Marlena Chertock, World Resources Institute. <https://www.wri.org/insights/highest-water-stressed-countries> (Erişim tarihi: 21 Ağustos 2023)
- Yıldız, D. (2023). Dicle ve Fırat Havzasında Su ve Güvenlik Planlaması. Su Politikaları Derneği. <https://supolitikalaridernegi.org/2023/08/13/dicle-ve-firat-havzasinda-su-ve-guvenlik-planlamasi/> (Erişim tarihi: 18 Ağustos 2023)

Yazar Hakkında / About Author

**Prof. Dr. Üstün ŞAHİN | Atatürk Üniversitesi |
ussahin[at]atauni.edu.tr | ORCID: 0000-0002-1924-1715**

Prof. Dr. Üstün Şahin, 26 Temmuz 1966 Göle-Ardahan' da doğdu. İlk ve orta eğitimini Kars ilinin Sarıkamış ilçesinde, lise eğitimini Bayburt Ziraat Meslek Lisesinde, Lisans eğitimini 1988 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümünde, Yüksek Lisans eğitimini 1991 yılında ve Doktora eğitimini 1994 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında tamamladı. Akademik hayatına 1989 yılında Araştırma Görevlisi olarak başladı, 1999 yılında Doçent ve 2005 yılında Profesör unvanını aldı. Prof. Dr. Üstün Şahin'in yürütücü, araştırmacı ve danışman olarak yer aldığı, çeşitli kurumlar tarafından desteklenen, 50' ye yakın bilimsel araştırma projesi, 80 civarında SCI, SCI_Expanded kapsamında yayınlanmış bilimsel makalesi ve ulusal-uluslararası kongreler dâhil 240'a yakın toplam yayını vardır. Prof. Dr. Üstün Şahin Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünde 2005 yılından beri Profesör olarak çalışmaktadır ve Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Akıllı Tarım Anabilim Dalı Başkanlığı görevini yürütmektedir.

**Prof. Dr. Üstün ŞAHİN | Atatürk University |
ussahin[at]atauni.edu.tr | ORCID: 0000-0002-1924-1715**

Prof. Dr. Üstün Şahin was born on July 26, 1966 in Göle-Ardahan. He completed his primary and secondary education in Sarıkamış district of Kars province, his high school education at Bayburt Agricultural Vocational High School, his undergraduate education at Atatürk University Faculty of Agriculture Department of Culture Technique in 1988. He was received master's degree in 1991 and doctorate degree in 1994 at Atatürk University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Agricultural Structures and Irrigation. He started his academic activity as a Research Assistant in 1989, and received the title of Associate Professor in 1999 and Professor in 2005. He has nearly 50 scientific research projects supported by various institutions, in which he participated as a manager, researcher and adviser, around 80 scientific articles published within the scope of SCI, SCI_Expanded, and nearly 240 publications in total, including national and international congresses. He has been working as a Professor at Atatürk University since 2005 and is the Head of the Smart Agriculture Department of Atatürk University Graduate School of Natural and Applied Sciences.

