

Tarım Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Tarımsal Sulamanın Önemi*

Sustainability in Agriculture and the Importance of Agricultural Irrigation

Saide Simin Bayraktar**

Müşerref Küçükbayrak***

Özet

Küresel iklim değişikliği tarımsal üretimin en büyük tehditlerinden biri olup, ülkemizin de içinde bulunduğu Akdeniz iklim kuşağında etkileri yoğun hissedilmektedir. Kuraklık, aşırı hava olayları ile su ve toprak kalitesinin bozulması, tarımsal üretim miktarı ve kalitesini azaltarak, gıda güvenliği açısından ciddi riskler oluşturmaktadır. İklim değişikliğinin özellikle su, enerji ve gıda döngüsünü etkileyeceği dikkate alındığında, sürdürülebilir tarım ve su kaynaklarının etkin yönetimi büyük önem taşımaktadır. Bundan hareketle, bu çalışmada tarımda sürdürülebilirlik ve tarımsal sulama eşanlı ele alınmaktadır. Ayrıca, çalışmada tarımsal sulamada verimliliğin artırılmasına yönelik mevcut durum ve uygulanan politikalar ile bu alana yönelik öneriler sunulmaktadır. Su kaynaklarının etkin kullanımının sağlanabilmesi için, su israfının önlenmesi, atık suyun değerlendirilmesi, havza bazlı yönetim yaklaşımının benimsenmesi, doğru ürün seçimleriyle sulama stratejilerinin belirlenmesi ve modern sulamanın yaygınlaştırılması öne çıkan öneriler arasında yer almaktadır.

Amacıtar kelimeler:

Abstract

Global climate change is one of the biggest threats to agricultural production and its effects are intensely observed in the Mediterranean climate zone, including Türkiye. Drought, extreme weather events and deterioration of water and soil quality reduce the quantity and quality of agricultural production and pose a serious risk to food security. Based on its effects on water, energy and food nexus, sustainable agriculture and water management are of great importance. In this study, sustainability in agriculture and agricultural irrigation are analyzed simultaneously. In addition, the study presents the current situation and policies implemented to increase efficiency in agricultural irrigation as well as recommendations for future policy options. Preventing water waste, utilizing wastewater, adopting a basin-based management approach, determining irrigation strategies with the right crop choices and expanding modern irrigation are among the prominent recommendations to ensure effective use of water resources.

Keywords:

* Geliş tarihi: 06.12.2024 / Kabul Tarihi: 07.01.2025

** Yardımcı Ekonomist, Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası, simin.bayraktar@tcmb.gov.tr, <https://orcid.org/0009-0007-1553-9366>

*** Dr., Ekonomist, Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası, muserref.kucukbayrak@tcmb.gov.tr, <https://orcid.org/0000-0002-3462-9996>

Extended Summary

Global climate change is one of the biggest threats to agricultural production and its effects are intensely observed in the Mediterranean climate zone, including Türkiye. Drought, extreme weather events and deterioration of water and soil quality reduce the quantity and quality of agricultural production and pose a serious risk to food security. Based on its effects on water, energy and food nexus, sustainable agriculture and water management are of great importance. In this study, sustainability in agriculture and agricultural irrigation are analyzed simultaneously. In addition, the study presents the current situation and policies implemented to increase efficiency in agricultural irrigation as well as recommendations for future policy recommendations. Preventing inefficient use of water, utilizing wastewater, adopting a basin-based management approach, determining irrigation strategies with the right crop choices and expanding modern irrigation are among the prominent recommendations to ensure effective use of water resources.

According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) water security, food security and energy security are highly interrelated and are at the epicenter of sustainability. In this regard, there are various studies analyzing the policies on water and food management in countries with high agricultural production. Water crises has been ranked among the top 3 global risks by the World Economic Forum. Moreover, climate change is causing deteriorating impacts on agricultural production threatening the food security across many developing countries, including Türkiye. Therefore, climate vulnerable countries need to take into consideration sustainable agricultural production and sustainable water management together in their policy making process.

Across many parts of the world, water demand is surpassing the supply. Türkiye is ranked among 51 countries which are projected to be under high water stress until 2050. Currently, Türkiye is under water stress level which increased from 35% to 47% between the years 2010 to 2020. It is important to note that during same period, efficiency in agricultural use of irrigation has declined significantly. With the adverse effects of climate change being felt on water resources, insufficient use of water is causing alarming threats to agriculture in Türkiye. In this regard, measures for efficient water use is critical both for agricultural production and sustainability.

Climate change, rapid urbanization, industrialization and population growth are already causing Türkiye to experience water scarcity. In addition to climate change; factors such as excessive water uses in agriculture, planting products that are not suitable for the structure of the soil and require high water consumption increase the pressure on sustainable agriculture. This makes irrigation systems and methods more important in terms of sustainable water management. In this study, Türkiye's current situation in terms of sustainable agriculture and sustainable water use is laid out. Different efficiency suggestions were examined together with current practices.

It is clearly stated in many international and national reports that sustainable water use should be increased for sustainability in agriculture. In this context, in order to ensure resource efficiency which is one of the main principles of sustainable agriculture; development of efficiency plans, prevention of water waste, evaluation of different alternatives such as wastewater management, dissemination of basin-based management model, preparation of irrigation plans by ensuring appropriate product selection, implementation of different irrigation techniques is among the notable suggestions in this study. It is evaluated that these suggestions are of critical importance in terms of reaching sustainable development goals.

1. Giriş

Küresel iklim değişikliği dünyadaki yer altı kaynaklarına tehdit oluşturan en önemli etkenlerin başında gelmektedir. Ülkemiz küresel iklim değişikliğinin etkilerinin yoğun hissedileceği Akdeniz iklim kuşağında yer almaktadır. Bu nedenle, iklim değişikliğinin olumsuz etkileri yönünden yüksek risk grubunda olan ülkeler arasında kabul edilmektedir. Ülkemiz ekonomisinde de önemli bir rolü olan tarım sektörü iklim değişikliğine en hassas sektörlerin başında gelmektedir. İklim değişikliği kaynaklı uzun süren ve şiddetli kuraklıkların, daha sık görülmeye başlanan aşırı hava olaylarının, su ve toprak kalitesinin bozulmasının tarımsal üretim miktarında ve kalitesinde azalışa neden olacağı bilinmektedir.

İklim değişikliğinin en büyük etkisinin su, enerji ve gıda döngüsü üzerinde olacağı birçok araştırma ve uluslararası raporda gösterilmektedir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'ne (FAO) göre su güvenliği, enerji güvenliği ve gıda güvenliği birbiriyle yakından ilişkili olmakla birlikte sürdürülebilirliğin temelini oluşturmaktadır.¹ Gao ve ark. (2024) su, enerji ve gıda döngüsü üzerine yapılan çalışmaları sistematik olarak incelemiş ve çalışmasında farklı iklim modelleri ile hesaplanan senaryolara yer vermiştir. İklim değişikliğinin yoğun olarak hissedildiği tarım ülkelerinde su ve gıda bağlamında ortaya konulan politikaları analiz eden çeşitli çalışmalar da bulunmaktadır. Pardoe ve ark. (2018) Tanzanya için su ve tarım sektörleri ile iklim değişikliğinin, politikalarda ve hükümet planlarında yer almasının etkili olduğunu değerlendirmektedir. Mohtar (2017) çalışmasında Ortadoğu ve Kuzey Afrika ülkeleri için politika önerilerinde bulunmaktadır. Bunun yanı sıra, Türkiye'de iklim değişikliğinin su kaynakları üzerinde oluşturduğu baskıya vurgu yapan çalışmalar da mevcuttur (Türkeş, 1999; Türkeş, 2021; Türkeş vd., 2007).

İklim değişikliği üzerine politika yapanlar eylem planlarının merkezine su politikalarını koymaktadır. Güvenli suya ve sanitasyona sınırlı erişim, su kaynakları ve ekosistemler üzerinde artan baskı, afetler, kuraklık ve sel riskinin artması gibi suyla ilgili zorluklar, küresel kalkınma alanında giderek daha fazla dikkat çekmektedir. Dünya Bankası destekli 2030 Su Kaynakları Grubu Yıllık Raporu'na göre 2030 yılına kadar su talebinin arzu yüzde 40 aşması öngörülmektedir.² Su, 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi, 2015-2030 Afet Risklerinin Azaltılması Sendai Çerçevesi ve 2015 Paris Anlaşması gibi son dönemdeki dönüm noktası niteliğindeki anlaşmaların merkezinde yer almaktadır. Dünya Ekonomik Forumu, su krizini üst üste üçüncü kez küresel riskler arasında ilk üçte sıralamaktadır.

İklim değişikliğinin tarım sektörüne olumsuz etkisi gıda güvenliği açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bu durum, sürdürülebilir tarımsal üretimin önemini de ortaya

1 FAO, Su, Enerji ve Gıda Bağlantısı Raporu 2014 <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/86fe97cc-4a38-4511-a37f-8eb8ea8fe941/content>

2 <https://www.weforum.org/stories/2023/10/why-water-security-is-our-most-urgent-challenge-today/>

çıkarmaktadır. Yalnızca tarımsal üretim değil, aynı zamanda su kaynaklarının etkin yönetimi de sürdürülebilirlik kavramının temel taşlarındandır. İklim değişikliği kaynaklı azalan yağışlara ve artan kuraklığa ek olarak tarımsal sulamada yanlış su kullanımı su kaynakları yönetiminin önemini giderek artırmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada tarımda sürdürülebilirlik ve tarımsal sulama konuları birlikte ele alınmaktadır. İlk olarak sürdürülebilir tarımın esasını oluşturan tarımsal sulamada verimliliğin sağlanmasının önemi mevcut durum analizi ile ortaya koyulmakta, sonrasında mevcut uygulamalar ve çeşitli öneriler sunulmaktadır.

2. Sürdürülebilir Tarım ve Su Kaynakları

Sürdürülebilir tarım, üretimde verimliliği korurken aynı zamanda gıda güvenliğini ön plana çıkartmaktadır. Birçok kaynakta farklı sürdürülebilir tarım tanımları bulunmakla birlikte terimin ilk ortaya çıktığı 1977 tarihli Amerikan Tarım Bakanlığı raporu sürdürülebilir tarım ilkelerini 5 maddede özetlemiştir³:

- İnsanlığın gıda ihtiyacını karşılamak,
- Tarımsal ekonominin temelini oluşturan çevre kalitesini ve doğal kaynakları geliştirmek,
- Yenilenemeyen kaynakları en verimli şekilde kullanmak,
- Çiftliklerin ekonomik sürdürülebilirliğini artırmak,
- Çiftçilerle birlikte tüm toplumun hayat kalitesini artırmak.

Sürdürülebilir tarım temelde aşırı kaynak tüketimine engel olunmasını hedeflemekte olup, su kaynaklarının verimli kullanılması tüm sürdürülebilir tarım uygulamalarının temelinde yer almaktadır. Suyu ve tarımı birbirinden ayrı düşünmek mümkün olmamakla birlikte sürdürülebilir tarım için sürdürülebilir su kaynakları yönetimi kaçınılmazdır. İklim değişikliği kaynaklı yüksek riskler su kaynaklarının kullanılabilirliğini etkileyecek olduğundan, iklim değişikliği ile mücadelede sürdürülebilir su yönetimi önemli bir rol oynamaktadır.

Birleşmiş Milletler raporları su kullanım oranının dünya genelinde son 100 yılda 6 kat arttığına işaret etmektedir. Bu artışın, talep koşullarına bağlı olarak her yıl yüzde 1 oranında artması öngörülmektedir (UN, 2020). Özellikle yoğun nüfuslu büyük şehirlerde su sıkıntısının daha fazla yaşanması beklenirken, 2050 yılında kadar bu şehirlerde yaşayan kişilerin tüketim miktarlarını yaklaşık yüzde 10 düşürmek zorunda kalacağı öngörülmektedir (IPCC, 2014). Sürdürülebilir su kaynakları yönetimi; içme, sulama ve endüstriyel kullanım başta olmak üzere toplumun su kullanımını gelecek nesillerin kullanımını riske atmadan en iyi şekilde planlanmasıdır. Bu kapsamda aşağıda belirtilen amaçlar dikkate alınmaktadır:

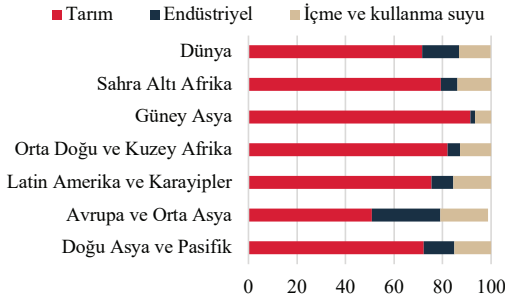
3 Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı Raporu, 1977 <https://nifa.usda.gov/sites/default/files/resource/nar77.pdf>

- İsrafın önlenmesi,
- Sulama sistemlerinde verimliliğin artırılması,
- Yüzeysel su kullanım miktarının toprak ve ürüne göre dengeli kullanımının sağlanması,
- Yeraltı suyu kullanımlarının kısıtlanması,
- Su kalitesinin artırılması.

Sürdürülebilir su yönetiminin en önemli konularının başında da su tüketiminde yüksek orana sahip olan tarım sektörü gelmektedir. Dünya Bankası verilerine göre dünyadaki tatlı suyun yüzde 70'inden fazlası tarımda kullanılmaktadır. Tarımsal su kullanım oranı, Avrupa ve Orta Asya ülkelerinde yüzde 50,8 iken Güney Asya'da yüzde 91,5'tir (Grafik 1). 2050 yılına kadar dünya nüfusunun 10 milyara yaklaşmasıyla tarımsal üretimde yüzde 50, su kullanımında ise yüzde 15'lik bir artış ihtiyacı olacağı tahmin edilmektedir. Bu da yeraltı kaynaklarının yanı sıra, tarım alanlarının ve su kaynaklarının kontrollü kullanımının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Sürdürülebilir tarımda temel amaç kullanılan suyun verimliliğini artırmak, sulanabilecek alanların tamamı sulanırken suyun da planlı ve etkin kullanılmasını sağlamaktır.

Bir mal ve hizmet üretmek için kullanılan su miktarı olarak hesaplanan su ayak izi 2002 yılından beri hesaplanmakta, üretim aşamasında kullanılan su miktarına ilişkin çok boyutlu veriler sağlamaktadır.⁴ Dünya ortalamasına bakıldığında kişi başı ortalama yıllık su ayak izi 1.243 m³ olarak hesaplanırken, Avrupa Birliği'nde bu rakam 1.750 m³ ve ülkemizde ise 1.519 m³ olarak ölçülmüştür. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın (TOB) Doğal Hayatı Koruma Vakfı (WWF) ile ortak yürüttüğü proje kapsamında Türkiye için su ayak izi hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda tarım sektörünün yüzde 89'luk payı dikkat çekmektedir (Grafik 2). Su ayak izi, su kullanım sürecini takip ederek bu kullanımın sürdürülebilir olup olmadığı hakkında da bilgiler sağlamaktadır. BM "Dünya Su Gelişmeleri" raporuna göre tarımsal üretimi ile yakından ilişkili olan su ayak izi seviyesinin belirlenmesinde tarımsal sulama teknikleri önemlidir. Ürün ve toprak yapısına uygun teknikler seçilerek tarımsal sulama faaliyetlerinin damla sulama ve yağmurlamaya yönlendirmesi bölgesel ve ulusal su ayak izini düşürmek için uygun yöntem olarak değerlendirilmektedir (BM, 2019).

4 Su Ayak İzi Ağı (Water Footprint Network), 2022. <https://waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint/>

Grafik 1: Su Kullanımının Sektörlere göre Dağılımı (Yüzde , 2021)

Kaynak: Dünya Bankası Veri Tabanı

Grafik 2: Sektörlere Göre Üretim için Kullanılan Su Hacminin (Su Ayak İzi) Dağılımı (2014)

Kaynak: WWF

Su ayak izinin yanı sıra su stresi de sürdürülebilirlik için takip edilen önemli bir göstergedir. Falkenmark Endeksi, ülkeleri yıllık kişi başına düşen su potansiyeli miktarına göre sınıflandırmaktadır. Söz konusu endeks kıtlığı her yıl her bir kişi için mevcut olan yenilenebilir tatlı su miktarı olarak ölçmektedir. Kişi başına düşen su miktarı 1.700 m³'ün üzerindeyse bu ülkede su stresi yoktur, öte yandan bu miktarın 1.000 ila 1.700 m³ arasında olması su stresine işaret etmektedir (Tablo 1).

Tablo 1: Falkenmark Su Stres Endeksi

Kişi Başına Düşen Su Miktarı (m ³ /kişi/yıl)	Stres Düzeyi
1700 m ³ ve daha fazla	Su stresi yok
1700-1000 m ³	Su stresi
1000-500 m ³	Su kıtlığı
500 m ³ ve daha az	Kesin su kıtlığı

Kaynak: Falkenmark vd. (1989)

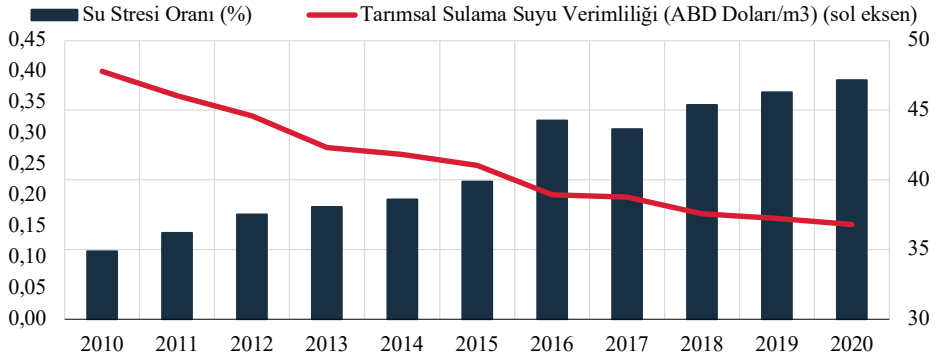
Dünyanın birçok yerinde suya olan talebin arzı aşması su stresine neden olmaktadır. Birleşmiş Milletler raporlarına göre 2020 yılında yüzde 18'lik seviyesiyle yönetilebilir durumda olan su stresi seviyesi giderek yükselmektedir (BM, 2024). Dünya Kaynaklar Enstitüsü projeksiyonları 164 ülke içerisinde Türkiye'nin de yer aldığı 51 ülkenin 2050 yılına kadar yüksek su stresi yaşayacağını öngörmektedir. Bu rakam dünya nüfusunun yüzde 31'ine denk gelmektedir.⁵

Ülkemiz mevcut durumda su stresi seviyesi yaşayan ülkeler arasında yer almakta olup su stresi seviyesi 2010 yılından 2020 yılına kadar yüzde 35'ten yüzde 47 seviyesine yükselmiştir. Aynı dönemde tarımsal sulama suyu verimliliğinde kaydedilen düşüş de dikkat çekmektedir (Grafik 3). Türkiye'nin teknik ve ekonomik kullanılabilir yerüstü

5 World Resources Institute, Ülkelere göre Su Stresi, 2023 <https://www.wri.org/data/water-stress-country>

su potansiyeli 94 milyar m³, yeraltı suyu potansiyeli de 18 milyar m³ olup buna göre teknik ve ekonomik kullanılabilir su potansiyelinin ortalama yıllık 112 milyar m³ olduğu tespit edilmiştir (DSİ, 2023). Ülkemizin teknik ve ekonomik kullanılabilir su potansiyeli dikkate alındığında kişi başına düşen su miktarı yıllık ortalama 1.294 m³ mertebesindedir. Göstergelere ilişkin geçmiş yıl verilerine bakıldığında ise 2000 yılında 1.652 m³, 2022 yılında ise 1.322 m³ olduğu görülmektedir (DSİ, 2023). Artan nüfusla birlikte tarım ve sanayide büyüme neticesinde artan su talebi ve iklim değişikliğinin etkileri ile azalan su kaynakları potansiyeli birlikte değerlendirildiğinde, 2030 yılından sonra ülkemizin su kıtlığı yaşayan ülkeler arasında olması beklenmektedir. Tahminlere göre kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarının 2030 yılında 1.200 m³, 2040 yılında 1.116m³, 2050 yılında ise 1.069 m³'e kadar düşmesi beklenmektedir (TOB, 2023). Su stresi seviyesinin azaltılmasında en önemli yöntemlerden biri olarak su kullanım verimliliğinin artması gelmektedir.⁶ Bu nedenle, su kullanım verimliliğini artırıcı önlemler hem tarımsal üretim hem de sürdürülebilirlik için önem arz etmektedir.

Grafik 3: Tarımsal Sulama Verimliliği¹ ve Su Stresi Oranı



¹ Sabit fiyatlarla GSYH'ın yıllık toplam su çekimine bölünmesiyle elde edilmektedir.

Kaynak: Aquastat/FAO

Son Gözlem: 2020

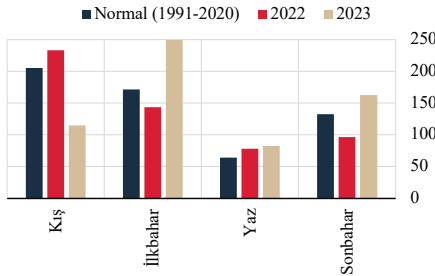
Dünyada ve ülkemizde tarımsal kuraklık ve jeopolitik riskler hem tarımsal arz güvenliği ve fiyat istikrarı açısından endişe yaratmaktadır. İklim değişikliği su kaynaklarını önemli ölçüde etkilemektedir. Ülkemizde, 1991-2020 dönemi tarihsel seyir olarak değerlendirildiğinde, 2023 yılında sıcaklık tarihsel ortalamasının 1,2 derece üstünde gerçekleşerek 15,1 derece olmuştur. Öte yandan iklim değişikliğinin etkisiyle son yıllarda yağış düzensizlikleri görülmektedir. 1991-2020 döneminde yıllık ortalama yağış miktarı 573,4 mm iken 2022 yılında 503,8 mm, 2023 yılında ise 641,5 mm olmuştur (MGM, 2024). 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında ülkemizin birçok bölgesinde uzun

⁶ Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri <https://www.un.org/sustainabledevelopment/water-and-sanitation/>

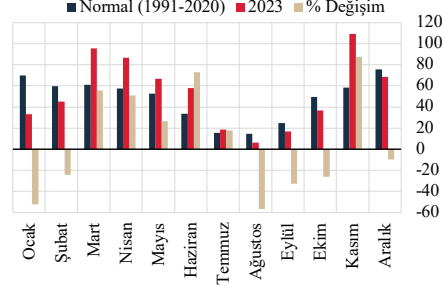
süre ortalamasının altında yağışlar yaşanmış, bu meteorolojik kuraklıkları, tarımsal kuraklık takip etmiştir.

Ülkemizde tarımsal kuraklık nedeniyle sulama kaynaklı baskı artarken bir yandan da nüfus artışına paralel olarak tarımsal üretim miktarının artması gerekmektedir. Yapılan çalışmalar, iklim değişikliği kaynaklı sıcaklık artışlarının tahıl üretimine etkisinin yüksek olduğunu göstermekte, yağışın etkisinin ise sulama kaynaklı sınırlı seyrettiği belirtilmektedir (Bayraktar ve Atabek-Demirhan, yayınlanma aşamasında). 2023 yılında Türkiye genelinde, kış mevsimi hariç **tüm** mevsimlerde yağışlar, mevsim normallerinin ve bir önceki yıl yağış ortalamalarının üzerinde gerçekleşmiştir (Grafik 4). Ancak, ay bazlı bakıldığında tarımsal üretimde birçok ürün için yağışların önem teşkil ettiği ocak, şubat ve eylül, ekim aylarında yağışların normalin altında seyrettiği dikkat çekmektedir (Grafik 5). Yağışlardaki azalmaya bağlı olarak artan tarımsal sulama elektrik tüketimini artırarak üreticiler üzerinde maliyet yönlü baskı yaratmaktadır (Bayraktar ve Atabek-Demirhan, 2024).

Grafik 4: Türkiye Geneli Mevsimlik Alansal Yağış Dağılımı (mm)



Grafik 5: Türkiye Geneli Aylık Alansal Toplam Yağış ve Değişim Oranı (mm, yüzde)



Kaynak: MGM

Son Gözlem: 2023

Kaynak: MGM

Son Gözlem: 2023

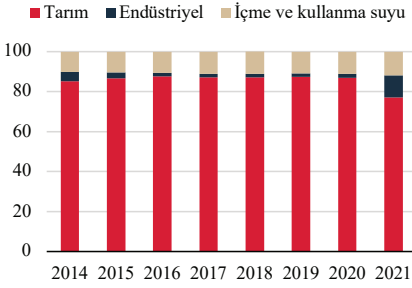
Dünya genelinde ve Türkiye'de kullanılabilir su miktarında belirgin düşüşler gözlenmektedir. Türkiye'de, kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 2000 yılından 2022 yılına kadar yüzde 20 azalmıştır (DSİ, 2023).⁷ Ayrıca, dünya genelinde su

⁷ 2100 yılına kadar her bir su havzası özelinde iklimin nasıl değişeceği; su kaynaklarımızın iklim değişikliğinden nasıl etkileneceğine yönelik TOB tahminlerine göre, ülkemizde ortalama sıcaklıklarda 6 dereceye varan artışlar beklenmektedir. Özellikle ülkemizin doğusu ve güneydoğusunda sıcaklık artışlarının diğer bölgelere göre daha fazla olacağı öngörülmektedir. Ayrıca, yıllık toplam yağışların ise ortalama olarak yüzde 10 azalması beklenmektedir. Ancak, her bölgesinde farklı topoğrafik yapıya sahip olan ülkemizde yağışta beklenen değişimler de bölgesel olarak farklılık gösterecektir. Özellikle Ege ve Akdeniz kıyıları ile Doğu ve Güneydoğu bölgelerinde yağışlarda yüzde 30 civarında önemli azalışlar ve daha sık ve uzun süreli kuraklık olaylarının yaşanması beklenirken, kuzey bölgelerde, özellikle Karadeniz'in doğusunda toplam yağışlarda ve aşırı yağış olaylarında artışlar beklenmektedir. Bu öngörüler ışığında, kullanılabilir su potansiyelinin yüzyılın sonuna doğru yüzde 25 oranında azalabileceği tahmin edilmektedir. Nüfus artışı ve artan tüketim ihtiyaçları da göz önünde bulundurulduğunda

tüketimi yoğun tarım ürünlerine talebin arttığı bilinmektedir. Bu nedenle, su ve gıda güvenliğinin sağlanması için su verimliliğini artırıcı politikaların devreye alınması önem kazanmaktadır. Bu çalışma, ülkemizde tarımsal sulamanın giderek artan önemini vurgulamakta ve tarımda sürdürülebilirlik konusunda tarımsal sulama adına atılabilecek adımları analiz etmektedir.

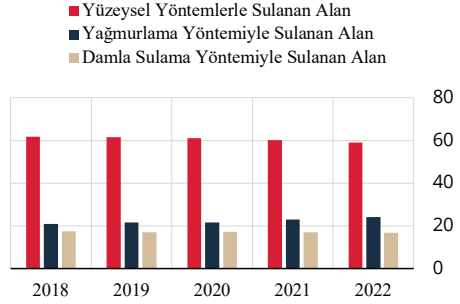
Ülkemizde 2021 yılı için toplam suyun yüzde 77'si tarımsal sulamada, geri kalanı ise içme ve kullanma suyu ve endüstriyel su olarak kullanılmaktadır (Grafik 6). Tarımsal sulamada kullanılan yöntemlerde de yüzeysel sulama ortalama yüzde 60'lık oranla ön plana çıkmaktadır (Grafik 7). Suyun verimli kullanılması adına damla ve yağmurlama yöntemleri oranlarının artması su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından önem teşkil etmektedir.

Grafik 6: Türkiye'de Sektörel Su Kullanım Oranları (yüzde)



Kaynak: Dünya Bankası, TOB⁸
Son Gözlem: 2021

Grafik 7: DSİ'ce Geliştirilen Sulamalarda Uygulanan Sulama Yöntemleri Oranı (yüzde)



Kaynak: DSİ⁹
Son Gözlem: 2022

3. Tarımsal Sulamada Verimliliği Artırıcı Politikalar

Dünyada ve ülkemizde nüfus ve refah artışı tarımsal üretime olan talebi artırmakta beraberinde tarımsal sulama ihtiyacı artmaktadır. İklim değişikliği su kaynakları üzerinde arz yönlü baskı yaratırken, talep artışının devam etmesi tarımsal sürdürülebilirlik için su yönetimine ilişkin politikaların önemini ortaya çıkarmaktadır.

Ülkemizi bekleyen kuraklık ve su stresi riskine karşı, su verimliliği uygulamalarının yaygınlaştırılması ve toplumsal farkındalığın artırılması maksadı ile Tarım ve Orman

gelecekte su potansiyelinin talebi karşılayamayacağı muhtemel görülmektedir.

- Tarım ve Orman Bakanlığı 2023 Yılı Faaliyet Raporu <https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/BakanlyuzdeC4yuzdeB1kFaaliyetRaporlaryuzdeC4yuzdeB1/TARIMyuzde20VEyuzde20ORMANyuzde20BAKANLYuzdeC4yuzde9Elyuzde202023yuzde20YILlyuzde20yuzdeC4yuzdeB0DAREyuzde20FAALyuzdeC4yuzdeB0YETyuzde20RAPORU.pdf>
- Tarım ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2023 Yılı Faaliyet Raporu https://cdn.nys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/Sayfa/759/1107/DosyaGaleri/dsi_2023_yili_faaliyet_raporu.pdf

Bakanlığı koordinasyonunda “Su Verimliliği Seferberliği” başlatılmıştır. Seferberlik kapsamında kentsel, tarımsal ve endüstriyel kullanımlar başta olmak üzere yüksek su tüketimine sahip sektörlerde suyun verimli ve sürdürülebilir şekilde kullanılmasına yönelik çalışmalar yürütülmektedir.

Seferberlik sürecinde iklim değişikliğine uyum, artan nüfusa bağlı su ihtiyacı, üretim ve kalkınma gereksinimleri dikkate alınarak oluşturulan, verimlilik ve sürdürülebilirlik ekseninde uzun soluklu stratejilerle desteklenen ve tüm sektörlerde su verimliliği için eylem planlarını ihtiva eden “Değişen İklim Uyum Çerçevesinde Su Verimliliği Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2023-2033)” 2023/9 sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesi ile yürürlüğe girmiştir. Bahse konu Eylem Planında sektörel ve bireysel su kullanımlarında verimliliğin sağlanması amacıyla önümüzdeki 10 yıla yönelik hedefler, stratejiler, eylemler ve sorumlu kurumlar belirlenmiştir. Söz konusu eylemlerin uygulanması ile 2030 yılına kadar;

- Mevcut durumda yüzde 32 seviyesinde olan (ülke ortalaması) içme suyu temin ve dağıtım sistemlerindeki su kayıplarının yüzde 25 seviyesine indirilmesi,
- Mevcut durumda yüzde 50 civarında olan tarımsal sulama randımanının yüzde 60 seviyelerine yükseltilmesi,
- Sanayide temiz üretim tekniklerinin ve su verimliliği tedbirlerinin uygulanması ile yüzde 30’ye varan oranlarda su kazanımı sağlanması,
- Mevcut durumda 150 litre olan bireysel günlük su kullanımının 120 litre/gün seviyesine indirilmesi hedeflenmektedir.

Tüm sektörlerde su verimliliğinin sağlanması için su kayıplarının önlenmesi, su verimliliği sağlayan teknik ve teknolojilerin kullanılması, ölçüm ve izleme sistemlerinin kurulması, su varlığına göre planlama yapılması, geleneksel olmayan su kaynaklarının kullanımı ile tatlı su kaynakları üzerindeki baskının azaltılması ana tedbirler olarak öne çıkmaktadır.

Su kaynaklarının korunması ve verimli kullanılabilmesi için koruma – kullanma dengesini sağlayan havza bazında planlama yapılması gerekmektedir. 11. Kalkınma Planı kapsamında hazırlanan Özel İhtisas Komisyonu Raporu, konum, ölçek ve çeşitlilik özellikleri zamanla değişim gösteren su kaynaklarının, sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde yönetim ve planlanmasının havza bazında yapılması gereğini ortaya koymaktadır (Kalkınma Bakanlığı, 2018). Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan havza bazlı Sektörel Su Tahsis Planları ile su kaynakları kullanımının iklim değişikliğine uyumu, su kullanımından sağlanan faydaların taksimi, kurak dönem senaryoları, sektörlerin birbirine ve su kaynaklarına olan tesirleri değerlendirilmektedir. İlaveten, meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklık koşulları göz önünde bulundurularak kullanılabilir su potansiyeli hesaplanmakta ve su güvenliği uzun vadede güvence altına alınmaktadır. Sektörel Su Tahsis Planları hazırlanırken sosyal adaletin, memnuniyetin

ve kişi başı net gelirin en üst düzeye çıkarılması hedeflenmektedir. Aynı zamanda, proje bazında yapılan optimizasyon modelleri ile çevresel akış ve içme-kullanma suyu sektörü 1. öncelik olarak kabul edilmekte ve kalan su başta tarım sektörü olmak üzere, sanayi, enerji, maden, su ürünleri vb. sektörler arasında paylaştırılmaktadır. Bu kapsamda, normal durumda 4 farklı kuraklık şartında (hafif, orta, şiddetli ve çok şiddetli kuraklık) su potansiyelleri belirlenmektedir. Su talepleri açısından ele alınan sektörlerin mevcut su ihtiyaçları hesaplanmakta, her bir sektörün gelişimine ve işletmeye alınacak tesislere göre projeksiyonları yapılarak alt havza bazında mevcut ve projeksiyon dönemi yıllarında bütün kurak koşul alternatifleri ile tahsis miktarları tespit edilmektedir.

Türkiye’de su kaynaklarının büyük çoğunluğu tarım sektöründe kullanılmakta olup sürdürülebilir tarımsal sulama yönetimi ile su verimliliği stratejilerinin uyum içinde geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Sektörel Su Tahsis Planları çerçevesinde, kuraklık ve normal koşullar göz önünde bulundurularak hem tarımda suyun daha verimli kullanımını sağlayan hem de sulama alanlarında tarımsal geliri artıran bitki deseni önerileri geliştirilmektedir. Örneğin, Seyhan Havzasında farklı dönemlerde sulama alanlarında ekonomik değeri maksimize eden bitki deseni çalışmalarına göre, 2027 yılında Zamantı ve Göksu sektörel alt havzalarında ağırlıklı olarak şeker pancarı, patates, yonca, kuru fasulye, ayçiçeği ve elma yetiştirilmesi planlanmaktadır (TOB, 2017). Bu planlar, üreticilere rehberlik ederek, tarımsal verimliliği artırıp, su tüketimini azaltırken tarımsal üretim gelirlerini de yükseltmeyi hedeflemektedir. Örneğin, Konya Kapalı Havzası’ndaki Kırelî Sulamasında bitki deseni optimizasyonu ve modern sulama teknikleriyle sulamada verimliliğin artırılması ile su kullanımı yüzde 28 oranında azaltılarak, tarımsal net gelir yaklaşık yüzde 182 artmıştır. Bu tür iyileştirmeler, sektörel su tahsisiyle ekonomik verimliliği artırmanın yanı sıra, su kaynaklarının uzun vadeli ve sürdürülebilir kullanımına katkı sağlamaktadır (TOB, 2019).

Türkiye’de sulu tarım yapılabilen alanlar zaman geçtikçe daraldığından verim ve rekolte açısından tarımsal sulama projeleri büyük önem taşımaktadır. Yüzey sulama gibi yöntemler, suya en çok ihtiyaç duyulan zamanlarda büyük miktarlarda su kaybına neden olmaktadır. Bu nedenle, su tasarrufu sağlamak için basınçlı sulama sistemleri gereklidir. Ancak kurulum maliyetlerinin nispeten yüksek olması sebebiyle üreticiler tarafından tercih edilmemektedir. Bu nedenle tarımda su tasarrufu sağlayacak ve su kullanımını hedeflenen orana indirecek yeni basınçlı sulama yöntemlerine daha fazla destek verilmesi önemlidir. Suyun israf edilmediğinden emin olmak için iyi bir izleme ve değerlendirme sistemlerinin oluşturulması da etkinliğin artırılmasına imkân sağlayacaktır. Tarımsal sulama sistemlerinde su kayıplarını azaltmak için akıllı sulama sistemleri, damla sulama ve yağmurlama gibi modern sulama teknikleri teşvik edilmektedir. Ülkemizde tarımsal sulamanın yaklaşık yüzde 60’ı klasik yöntemlerden sağlanmaktadır (Grafik 4). Klasik sulama sistemlerinde 8 hektar sulama alanına saniyede ortalama 30 litre su verilirken modern sulama yöntemlerinden yağmurlama ve

damlama sulamalarda 8 hektara saniyede ortalama 10 litre su verilmektedir. Böylelikle yüzde 65 oranında su tasarrufu sağlanmaktadır. Kapalı sistem basınçlı borulu sulamaya geçilmesi ile iletim kayıpları minimum seviyeye indirilmekte ve tarla içi sulama sistemleri ile önemli ölçüde su tasarrufu sağlanarak çiftlik randımanı maksimum seviyeye yükseltilmektedir. Böylelikle, yağmurlama sulamalarda yüzde 35, damla sulamalarda ise yüzde 65 oranında su tasarrufu sağlanabilmektedir. Modern sulama ile tarımda sağlanan verim artışları, üretim deseninin çeşitlenmesi, çiftçi gelirlerinde doğrudan ve dolaylı artışa neden olmaktadır.

Ayrıca, havza bazında yürütülen verimlilik çalışmalarının, bölgesel ihtiyaç ve koşullara göre optimize edilmesi amaçlanmaktadır. Bu çerçevede, tarımsal sulamada etkinlik ve verimlilik hayati önem taşımaktadır. Bu nedenle, depolamalı tesisler yapılması; işletmede olan sulamalarda su kayıplarının önüne geçilmesi; toprağın kalitesini etkileyen drenaj sorunlarının giderilebilmesi amacıyla yenileme projelerinin ön plana çıkarılması ve klasik açık sistem sulama şebekeleri yerine modern kapalı sulama sistemlerinin kullanımının artırılması gerekli görülmektedir. Bu doğrultuda, Tarım ve Orman Bakanlığı'nın proje ve hibe desteklerinin yaygınlaştırılması önemlidir.

Klasik sulama sistemlerinin yerini yüksek basınçlı şebeke sistemine bırakması minimum arazi kaybı, yüksek iletim randımanı gibi birçok faktör sayesinde hem daha düşük maliyet hem de su tasarrufu açısından avantajlıdır. Yeni sulama projeleri ve yenileme projelerinin yanı sıra, kullanılmış suların değerlendirilmesi çalışmaları da önem kazanmaktadır. Bu kapsamda büyükşehirlerde atık su kullanım uygulamalarının belirlenmesi ve maliyetinin hesaplanması kapsamında yürütülen "Su Kaynaklarında İklim Değişikliğine Uyum Projesi" 2023 yılında tamamlanmıştır.

Cazibe sulama yatırımlarının pompaj sulama yatırımlarına nazaran daha ucuz olması ayrıca işletme sırasında çiftçiye getirdikleri yükün de azlığı sebebiyle tercih edilmektedir. Toplulaştırma yapılmış arazilerde kamulaştırma ve diğer yatırım maliyetleri azalarak işletme sırasında da optimum ve randımanlı işletme şartları oluşacağından, toplulaştırma yapılmış olması sulamaya geçiş için tercih konusudur. Arazinin verimli hatta iklim koşullarının müsait olması sebebiyle birden fazla ürün alınabilecek yerlerde öncelikle sulama projesi geliştirilmesi önem arz etmektedir.

Türkiye'de ekonomik olarak sulanabileceği belirlenen 8,5 milyon hektarlık tarım arazisinin yaklaşık yüzde 82'sinde sulama sistemi mevcuttur (DSİ, 2024). 2022 yılı sonu itibarıyla sulamaya açılan alan 6,9 milyon hektar olup kalan alanın sulanması için gereken sulama tesislerinin bir an önce inşa edilmesi önem taşımaktadır. Su tasarrufu ve verimliliğinin yanı sıra, enerji üretimi amacıyla inşa edilen barajların sulama hedeflerinin de devreye alınabilmesi için öncelikli yatırım programına alınmaları önem arz etmemdir. Mevcut durumda, toplam 1018 barajın yüzde 91'inde sulama amacı yer almaktadır (DSİ, 2024). Su kaynağının baraj veya gölet olmasının üretim sezonu boyunca güvenli su temini ile tarımsal üretimi destekleyeceği belirtilmektedir.

Su kaybının en az seviyede tutulması ve en yüksek veriminin alınması yönündeki somut çözüm önerileri aşağıda özetlenmektedir;

- Sulama sistemlerinin modernizasyonunun sağlanması,
- Sulamada verimliliğin artırılmasına ve su kaynaklarının etkin kullanılmasına katkı sağlayacak kontrollü ve sürdürülebilir tarımsal uygulamaların (iyi tarım, ekolojik tarım, dikey tarım vb.) yaygınlaştırılması,
- Sulama sistemlerinde düzenli ölçüm ve izleme yapılması, otomasyonun ve yüksek teknoloji kullanımının yaygınlaştırılması,
- Tarımsal sulamada yağmur suyu hasadının yaygınlaştırılması ve sulamadan dönen suların ve arıtılmış atık suların tarımsal sulamada yeniden kullanımının teşvik edilmesi,
- Modern sulama sistemlerinde gerekli enerji ihtiyacının karşılanmasında güneş, rüzgâr, jeotermal vb. yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması,
- İklim koşullarının müsait olması sebebiyle birden fazla ürün alınabilecek yerlerde öncelikle sulama projesi geliştirilmesi,
- Sulama dışındaki öncelikleri geliştirilmiş barajların sulama maksadının da bir an önce devreye alınabilmesi için öncelikle yatırım programına alınması.

Hali hazırda birçok önlem hayata geçirilmektedir. 2024 yılı Cumhurbaşkanlığı Yatırım Programına göre tarım sektöründe 2024 yılında toplam 370 proje için 101 milyar TL ödenek ayrılmıştır. Söz konusu ödeneğin 85,2 milyar TL'si devam eden projelere, 14, 8 milyar TL'si yeni projelere, 1 milyar lirası ise etüt projelerine tahsis edilmiştir. Tarım yatırımları içinde en fazla pay 53,2 milyar lirayla sulama projelerine ayrılmıştır. Diğer yandan, 30 Aralık 2023 tarihli Resmî Gazetede yayımlanan "T.C. Ziraat Bankası A.Ş. ve Tarım Kredi Kooperatiflerince Tarımsal Üretime Dair Hazine Faiz Destekli Yatırım ve İşletme Kredisi Kullanılmasına İlişkin Karar (Karar Sayısı: 8039)" ile basınçlı sulama sistemi yatırımları destek kapsamına alınmıştır. Hazine ve Maliye Bakanlığı 15 milyon TL üst limitli yatırım kredisi için yüzde 75 oranında, yurt içinde üretilen makine alımı halinde ise yüzde 100 oranında faiz desteği vermektedir. Cazibe sulama yatırımlarının pompaj sulama yatırımlarına nazaran daha ucuz olması ayrıca işletme sırasında çiftçiye getirdikleri yükün de azlığı sebebiyle tercih edilmektedir. Toplulaştırma yapılmış arazilerde kamulaştırma ve diğer yatırım maliyetleri azalarak işletme sırasında da optimum ve randımanlı işletme şartları oluşacağından, toplulaştırma yapılmış olması sulamaya geçiş için tercih konusudur. Arazinin verimli hatta iklim koşullarının müsait olması sebebiyle birden fazla ürün alınabilecek yerlerde öncelikle sulama projesi geliştirilmesi önem arz etmektedir.

Tarımsal sulamaya ilişkin yakın dönem OVP metinlerinde yer alan politika ve tedbirler aşağıda yer almaktadır:

- Tarım arazilerinin korunması, amacı dışında kullanımının önüne geçilmesi ve etkin kullanımı için zorlayıcı ve özendirici düzenlemeler hayata geçirilerek ekilebilir ve sulanabilir alanlar artırılacaktır (OVP 2024-2026).
- Gıda fiyatlarında istikrarı ve gıda arz güvenliğini sağlamayı teminen arazinin verim kabiliyeti ile birlikte yağış ve sulama imkânları da gözetilerek stratejik tarım ürünlerinde hedef yeterlilik oranları belirlenecek ve üretim planlaması yapılacaktır (OVP 2024-2026).

Bu stratejik planlar ve hedefler, Türkiye'nin tarım sektörü için su kullanımında sürdürülebilirliği artırmayı amaçlamaktadır. Tarımsal su kullanım verimliliğini geliştirme çabaları, özellikle kuraklık dönemlerinde hayati önem taşımaktadır. Bu bağlamda, suyun en yoğun tüketildiği tarım alanlarında "daha az su ile daha fazla ürün" yaklaşımını benimsemek, su verimliliğini sağlamak ve tarımsal gelirleri artırmak adına önem arz etmektedir.

4. Sonuç

Su, enerji ve gıda güvenliği bağlamında sürdürülebilir tarım ve sürdürülebilir su kaynakları küresel ve ulusal politikalarda sıklıkla yer almakta ve giderek önem kazanmaktadır. Suyun sınırlı bir kaynak olduğu, ayrıca giderek artan nüfusun ve tüm dünyayı tehdit eden en önemli çevre sorunu olan iklim değişikliğinin meydana getirdiği baskılara ilave olarak artan su stresi de göz önünde bulundurulduğunda su kaynaklarının verimli, akılcı ve sürdürülebilir şekilde kullanılması önem kazanmaktadır.

İklim değişikliği, hızlı kentleşme, sanayileşme ve nüfus artışı Türkiye'nin de su kıtlığı çeken bir ülke olmasına neden olmaktadır. İklim değişikliğinin yanı sıra, tarımda aşırı su tüketimi, toprağın yapısına uygun olmayan ve yoğun su tüketimi olan ürünlerin ekilmesi gibi etkenler sürdürülebilir tarım üzerinde baskıları artırmaktadır. Bu durum, sürdürülebilir su yönetimi açısından sulama sistemleri ve yöntemlerini daha önemli hale getirmektedir. Bu çalışmada, sürdürülebilir tarım ve sürdürülebilir su kullanımı açısından Türkiye'nin durum analizi yapılmış olup mevcut uygulamalar ile birlikte farklı verimlilik önerileri incelenmiştir.

Tarımda sürdürülebilirlik için sürdürülebilir su kullanımının artırılması gerektiği uluslararası ve ulusal birçok raporda açıkça ortaya konmaktadır. Bu bağlamda, kaynak verimliliğinin sağlanması için; verimlilik planlarının geliştirilmesi, su israfının önlenmesi, atık su kullanımı gibi farklı alternatiflerin değerlendirilmesi, havza bazlı yönetim modelinin yaygınlaştırılması, uygun ürün seçimleri sağlanarak sulama planlarının yapılması, farklı sulama tekniklerinin devreye alınması gibi önerilerin önem kazandığı bu çalışmada dikkat çeken başlıklar arasında yer almaktadır. Bu önerilerin, sürdürülebilir kalkınma hedefleri açısından kritik öneme sahip olduğu değerlendirilmektedir.

Kaynakça

- Demirhan, A. ve Bayraktar, S.S. (yayınlanma aşamasında), The Impact of Temperature and Precipitation on Wheat Production in Türkiye, Proceedings of the Irving Fisher Committee Workshop on “Addressing climate change data needs: the global debate and central banks' contribution”, IFC Bulletin.
- Demirhan, A. ve Bayraktar, S.S. (2024), İklim Değişikliği ve Gıda Enflasyonu, Merkezin Güncesi.
- DSİ (2023), DSİ 2022 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara.
- DSİ (2024), DSİ 2023 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara.
- Falkenmark, M., Lundqvist, J., & Widstrand, C. (1989). Macro-scale water scarcity requires microscale approaches. *Natural Resources Forum*. 13(4): 258–267.
- Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.). IPCC (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press
- Gao, D., Chen A.S. ve Memon, F.A. (2024), A Systematic Review of Methods for Investigating Climate Change Impacts on Water-Energy-Food Nexus. *Water Resources Management* 38.1: 1–43.
- Kalkınma Bakanlığı (2018), Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği Özel İhtisas Raporu, Ankara
- MGM (2024), 2023 Yılı İklim Değerlendirmesi, Ankara.
- Mohtar, R.H. (2017). Climate Change and the Water-energy-food Nexus in the MENA Region. OCP Policy Center.
- Pardoe, J., Conway, D., Namaganda, E., Vincent, K., Dougill, A. J., & Kashaigili, J. J. (2017). Climate change and the water–energy–food nexus: insights from policy and practice in Tanzania. *Climate Policy*, 18(7), 863–877. <https://doi.org/10.1080/14693062.2017.1386082>
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2023), Değişen İklim Uyum Çerçevesinde Su Verimliliği Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2023-2033), Ankara.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2019), Konya Kapalı Havzası Sektörel Su Tahsis Planı Hazırlanması Projesi, İstanbul. Erişim adresi <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Havza%20H%C4%B0E-Sunumlar/Konya%20Kapal%C4%B1%20Havzas%C4%B1%20Sekt%C3%B6rel%20Su%20Tahsis%20Plan%C4%B1.pdf>. Erişim tarihi: 6 Ocak 2025.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2018), Seyhan Havzası Sektörel Su Tahsis Planı. Erişim adresi <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/SEKT%C3%96REL%20SU%20TAHS%C4%B0S%20PLANLARI%2028.12.2022/Seyhan%20Havzas%C4%B1%20Sekt%C3%B6rel%20Su%20Tahsis%20Plan%C4%B1/Seyhan%20Havzas%C4%B1%20Sekt%C3%B6rel%20Su%20Tahsis%20Plan%C4%B1%20Y%C3%B6netici%20C3%96zeti.pdf>. Erişim tarihi: 6 Ocak 2025.
- Türkeş, M, Koç, T & Sarış, F. (2007). Türkiye'nin Yağış Toplamı ve Yoğunluğu Dizilerindeki Değişikliklerin ve Eğilimlerin Zamansal ve Alansal Çözümlemesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5(1), 57-73. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000073.
- Türkeş, M. (1999). Vulnerability of Turkey to Desertification With Respect to Precipitation and Aridity Conditions. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*. Tübitak, Ankara.
- Türkeş, M. (2021). Türkiye'nin Su İklimi, İklim Değişikliği ve 2019-2020 Kuraklığı. *EKOIQ*, 92, 90-97.
- UN. (2020). World Water Development Report 2020. Erişim adresi <https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2020/> Erişim tarihi: 28 Kasım 2024. Erişim tarihi: 6 Ocak 2025.