

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SU YÖNETİMİNE ETKİSİ: GEDİZ HAVZASI ÖRNEĞİ

Mustafa DİNÇ¹

Özet

İklim değişikliği ve kuraklık, su stresi yaşayan tarım havzaları üzerinde giderek artan bir baskı oluşturmaktadır. Türkiye'nin önemli tarımsal üretim merkezlerinden biri olan Gediz Havzası da bu baskıyı en yoğun hisseden bölgelerin başında gelmektedir. Bu çalışmanın amacı, iklim değişikliğinin Gediz Havzası'ndaki su yönetimi üzerindeki etkilerini analiz etmek ve sürdürülebilir su yönetimi için çözüm önerileri geliştirmektir. Çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden doküman analizi kullanılmış; Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) ve Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verileri ile ulusal/uluslararası raporlar incelenmiştir. Özellikle 1980'den günümüze sıcaklık, yağış ve yeraltı suyu değişimleri ile 2100 yılına yönelik projeksiyonlar değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, havzada sıcaklıkların 2100 yılına kadar 6-7°C artabileceği, yağışların ise %40-50 oranında azalabileceği öngörülmektedir. Ayrıca, yanlış su yönetimi ve iklim değişikliğinin kümülatif etkisiyle Marmara Gölü'nün 2021 yılında tamamen kuruduğu, Gediz Nehri debisinde ciddi düşüşler olduğu ve yeraltı su seviyelerinde yıllık 150 cm'yi bulan çekilmeler yaşandığı tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, havzadaki su kıtlığı riskine karşı su ayak izi takibine dayalı, iklim değişikliğine uyumlu ve bütüncül bir su yönetimi politikasının acilen hayata geçirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Su Stresi, Kuraklık, Su Yönetimi, Gediz Havzası

JEL Kodları: Q54, Q25, Q28, Q56, R11

THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON WATER MANAGEMENT: THE CASE OF GEDİZ BASIN

Abstract

The pressure of climate change and drought on agricultural basins experiencing water stress is increasing steadily. The Gediz Basin, one of Turkey's major agricultural production centers, is among the regions feeling this pressure most intensely. The aim of this study is to analyze the effects of climate change on water management in the Gediz Basin and to develop solution proposals for sustainable water management. In the study, document analysis, a qualitative research method, was used, and data from the Turkish State Meteorological Service (TSMS), General Directorate of State Hydraulic Works (GDSHW), and Turkish Statistical Institute (TSI), as well as national and international reports, were examined. Specifically, temperature, precipitation, and groundwater changes from 1980 to the present, along with projections up to the year 2100, were evaluated. According to the findings obtained, it is projected that temperatures in the basin could increase by 6-7°C and precipitation could decrease by 40-50% by 2100. Furthermore, it has been determined that due to the cumulative effect of improper water management and climate change, Lake Marmara completely dried up in 2021, serious decreases occurred in the Gediz River flow, and groundwater levels experienced declines reaching 150 cm annually. As a result, the study emphasizes the urgent necessity of implementing an integrated water management policy based on water footprint monitoring and adapted to climate change against the risk of water scarcity in the basin.

Keywords: Climate Change, Water Stress, Drought, Water Management, Gediz Basin

JEL Codes: Q54, Q25, Q28, Q56, R11

GİRİŞ

İklim değişikliği, su döngüsü üzerinde meydana getirdiği yapısal değişiklikler nedeniyle su yönetimi politikalarını doğrudan ve belirleyici şekilde etkilemektedir. İklim değişikliğinin en önemli çıktılarından olan küresel sıcaklık artışı, buharlaşmayı tetikleyerek yağış rejimlerini düzensizleştirmekte; bu durum kuraklık ve sel gibi ekstrem afetlerin şiddetini ve sıklığını artırmaktadır.

Özellikle kurak ve yarı kurak coğrafyalarda azalan su kaynakları nedeniyle hem içme suyu temini hem de tarımsal faaliyetler tehlikeye girmektedir. Bununla birlikte, ani ve şiddetli yağışlar altyapı sistemlerinde ciddi tahribata yol açmaktadır. Bu sebeplerden dolayı, su yönetiminde geleneksel yaklaşımların terk edilerek iklim değişikliğine uyum çerçevesinde yeniden yapılandırılması bir zorunluluk haline gelmiştir.

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye, mustafadincpa@gmail.com,  ORCID ID: orcid.org/0000-0002-4246-5549

Bilimsel çalışmalara göre iklim değişikliği; su döngüsü, yeraltı ve yerüstü su rezervleri ve akım rejimlerinde önemli değişimlere yol açmıştır. Uluslararası alanda Birleşmiş Milletler (BM), Avrupa Birliği (AB) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) gibi kurumlar, iklim değişikliğinin su yönetimine etkisini öncelikli gündem maddesi olarak değerlendirmektedir.

Türkiye, bulunduğu coğrafi konum ve iklim kuşağı itibarıyla iklim değişikliğinin etkilerine karşı oldukça kırılgan bir yapıdadır. Mevcut su potansiyelinin sınırlı olması; hızlı nüfus artışı, yoğun tarımsal sulama talebi ve artan sıcaklıklar ile birleştiğinde, su kaynakları üzerindeki baskı giderek şiddetlenmektedir.

Bu çalışmanın ana konusu olan Gediz Havzası, gerek Türkiye'nin önemli tarımsal üretim merkezlerinden biri olması, gerekse su kaynaklarının aşırı kullanım ve kuraklık riski altında bulunması sebebiyle çalışma alanı olarak seçilmiştir. Havzada iklim değişikliğine bağlı olarak sıcaklıkların artıp yağışların azalması ve yoğun tarımsal su kullanımı, su kaynaklarının sürdürülebilirliğini ciddi riske atmıştır. Marmara Gölü'nün kuruması, Gediz Nehri debisindeki belirgin azalma ve yeraltı su seviyelerindeki ciddi düşüşler bu tehlikenin somut göstergeleridir.

Bu çalışmayla, iklim değişikliğinin su yönetimine etkileri Gediz Havzası özelinde ortaya konulmaya çalışılmaktadır. Çalışmada; ulusal ve uluslararası raporlar, meteorolojik veriler, DSI akım gözlem istatistikleri ve TÜİK verileri bir araya getirilerek doküman analizi yöntemiyle değerlendirilmiştir. Çalışmanın temel amacı; havzadaki durumu analiz ederek, iklim değişikliği kaynaklı su kıtlığı sorununu ele almak ve çözüm önerileri sunmaktır.

Literatürde su yönetimi ve iklim değişikliği ilişkisi üzerine araştırmalar bulunmakla birlikte, Gediz Havzası'nı odak noktasına alan ve uzun dönemli hidrolojik, meteorolojik ve idari verileri bütüncül bir yaklaşımla inceleyen çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışma, farklı veri kaynaklarını entegre ederek havza ölçeğinde ayrıntılı bir değerlendirme sunması ve su yönetimi politikalarına yönelik öneriler geliştirmesi açısından literatüre katkı sağlamayı hedeflemektedir.

1. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

İklim değişikliği ve su yönetimi arasındaki ilişkinin doğru anlamlandırılabilmesi; kuraklık, su stresi, su kıtlığı, sanal su ve su ayak izi kavramlarının doğru tanımlanması ve birbirleriyle ilişkisinin açıklanmasıyla mümkün olacaktır. Bu kavramlar hem iklim değişikliğinin su yönetimine etkilerinin belirlenmesi, hem de etkin su yönetimi stratejilerinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Bu kavramsal çerçeve, havza özelinde yapılacak analizlere teorik bir zemin sağlamaktadır.

1.1. Kuraklık

Kuraklık tanımları, birtakım benzerliklerin etrafında farklılaşarak şekillenmekte olup en yaygın kullanımı WMO yapmıştır. Buna göre kuraklık, dünyanın herhangi bir yerinde iklimin doğal döngüsünde, çoğunlukla yetersiz yağışlarla oluşabilen uzun süreli kuru bir dönemdir (WMO, 2024). Birleşmiş Milletler Afet Riski Ofisi'nin (UNDRR) yaptığı tanıma göre ise kuraklık; dikkate değer şekilde normalden daha kuru veya nem azlığının zarar verecek kadar çok olduğu ya da yağışların uzun zamanlar yok olduğu şartlar olarak tanımlanmaktadır (BM, 2021). Burada önemli olan, kuraklığın genel olarak suyun yokluğu olarak basitleştirilmesine rağmen aslında zamana bağlı olarak izlenen ve ihtiyaca göre tanımı yapılan karmaşık bir olgu olduğudur. Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi'nde (UNCCD) yapılan tanıma göre kuraklık; normal seviyesinin altına düşen yağış miktarının su kaynakları ve coğrafyayı olumsuz şekilde etkilemesi ve doğal su çevriminin bozulmasıdır (BM, 1994: 4).

Kuraklık olgusu, etkilediği sektörlere ve oluşum süreçlerine göre literatürde meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik olmak üzere üç temel boyutta incelenmektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022: 8). Bunlardan ilki olan meteorolojik kuraklık, belirli bir zaman periyodunda yağış miktarının uzun yıllar ortalamasının belirgin şekilde altına düşmesiyle başlayan süreci ifade eder. Yağış azlığının devam etmesiyle topraktaki nem miktarının bitki gelişimi için yetersiz kaldığı durum ise tarımsal kuraklık olarak tanımlanır; bu aşamada yağıştan ziyade toprağın su tutma kapasitesi belirleyicidir. Sürecin daha da ilerlemesiyle nehir debileri, göl seviyeleri, baraj rezervuarları ve yeraltı suyu seviyelerinde meydana

gelen düşüşler ise hidrolojik kuraklığı ortaya çıkarmaktadır. Gediz Havzası örneğinde de görüldüğü üzere, bu türler zincirleme bir etkiyle birbirini takip etmekte; meteorolojik kuraklıkla başlayan süreç, zamanla tarımsal üretime zarar vermekte ve nihayetinde su rezervlerinin tükenmesiyle hidrolojik bir krize dönüşmektedir.

1.2. Su Zenginliği, Su Stresi ve Su Kıtlığı

Günümüzde önemi giderek artan bu kavramlar hem çevresel sürdürülebilirlik hem de insan sağlığı açısından önem arz etmektedir. Avrupa Çevre Ajansı'na (EEA, 1999) göre bir bölgede su kaynaklarının bol olması su zenginliğini ifade ederken, su kaynaklarının yetersiz kalmasına da su stresi denilmektedir. Su kıtlığı durumu ise su kaynakları açısından ciddi bir yokluğu, kısıtlamayı ifade etmektedir. Her üç kavram da tarım, sanayi ve gündelik hayatta suyun kullanılış şeklini ifade etmektedir.

Yeryüzünde su kaynaklarının zaten sınırlı olması, nüfus artışının hızlı olması, su kullanımının bilinçsiz olması gibi etkenler su kalitesinin korunmasını zorlaştırmaktadır. Bu çerçevede su kaynaklarının yönetilmesi açısından su zenginliği kavramı büyük öneme sahiptir. Su zenginliği tarımsal üretimde ve gıda güvenliği bakımından da önemli role sahip olduğundan tarımda suyun etkin ve verimli kullanımı ürün verimliliğini ve sürdürülebilirliğini sağlamaktadır.

Avrupa Çevre Ajansı'nın yukarıdaki tanımlamasına göre su kaynaklarının talebe cevap verememesi, yetersiz kalması anlamına gelen su stresini, özellikle tarımda aşırı su tüketimi daha da belirgin hale sokmaktadır. Bu yüzden, tarımda sulama yöntemlerinin ve tasarruf uygulamalarının değiştirilmesi gerekmektedir.

Su stresini ölçmede değişik yöntemler kullanılsa da bu yöntemlerden en çok tercih edileni Falkenmark endeksidir (Falkenmark vd., 1989). Buna göre toplam nüfus ve toplam su varlıkları arasındaki orantıyla, kişi başına düşen tatlı su miktarı ölçülmektedir. Bu yolla bir ülkenin su stresi çeken bir ülke mi, yoksa su zengini bir ülke mi olduğu ortaya çıkmaktadır. Buna göre yıllık kişi başına 1700 metreküp tatlı su bir eşik olarak belirlenmiş, bu değerin üstündeki ülkeler su zengini olarak değerlendirilirken, 1000- 1700 metreküp aralığındakiler su stresi çeken ülke, 1000 metreküpün de altındakiler su kıtlığı çeken ülke olarak değerlendirilmiştir.

Bu çerçevede, Türkiye'nin su yönetiminde su zenginliği, su kıtlığı ve su stresi gibi kavramlar dikkate alınmalı, buna dayalı ve sürdürülebilirliği yüksek bir strateji oluşturulmalıdır. Özellikle Gediz Havzası gibi su tüketiminin yüksek olduğu alanlarda arz talep dengesini sağlayacak iklim değişikliğine dirençli bir su yönetimi politikası oluşturulması büyük önem taşımaktadır.

1.3. Su Yönetiminde Sanal Su Yaklaşımı ve Su Ayak İzi

Tarımsal alanlarda su tasarrufu önlemlerinden biri olarak değerlendirilebilecek bir uygulama olan sanal su yaklaşımı, 1993'te Tony Allan tarafından ortaya atılmış ve bu alanda geniş bir etki yaratmıştır. Bir ürün veya hizmetin üretiminde kullanılan toplam suyu ifade eden sanal suyun en önemli yönü, ticaret ile suyun bol olduğu yerlerden kıt olduğu yerlere transfer edilmesini sağlamasıdır. Böylelikle su tasarrufu açısından stratejik bir çözüm elde edilmiş olur (Antonelli & Sartori, 2014: 15).

Sanal su kavramı, üretilen tüm ürünlerin bir su ayak izi olduğundan hareketle ürünlerin üretiminden tüketimine kadar geçen tüm süreçte kullanılan suyun önemini anlatır. Karar vericilerin su yönetimi politikalarına karar verirken sanal su ticaretine önem vermeleri, su kaynakları kıt olan bölgeler için çok önemli bir strateji olacaktır.

Sanal su kavramının önemi, kuraklıkla mücadelede özellikle Türkiye gibi su sıkıntılarıyla karşı karşıya olan ülkelerde giderek artmaktadır. Bir ürünün üretimindeki toplam suyu ifade eden sanal su, ülkelerin birbirleri arasındaki su transferinin de bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Türkiye gibi iklim değişikliği, kuraklık ve nüfus artışı faktörlerinden dolayı su talebini karşılamanın sürekli zorlaştığı ülkelerde su yönetimi yaklaşımlarının sanal su kavramını da içerecek şekilde yeniden yapılandırılması, su kaynaklarının korunması için son derece önemli bir çıkış yolu sunmaktadır.

Özellikle Gediz Havzası gibi tarımsal üretimde yüksek su tüketiminin olduğu ve dolayısıyla su stresinin yoğun yaşandığı bölgelerde sanal su stratejilerinin kullanılması kurtarıcı bir seçenek olarak ortaya

çıkılmaktadır. Gediz Havzası çok yüksek miktarda tarımsal su tüketiminin olduğu bölgelerden biri olduğu için yetiştirilen ürünlerin su ayak izi ölçümlerinin iyi analiz edilerek su tüketimi nispeten daha düşük ve bölgelerin coğrafi koşullarına daha uyumlu bitki deseninin oluşturulması, bölgenin su kaynaklarının korunarak sürdürülebilir kullanımı açısından çok yararlı olacaktır. Hatta bu strateji Türkiye genelinde uygulanan tarımsal ithalat ve ihracat politikalarına da yön verip su kaynaklarının ülke genelinde en verimli şekilde kullanımına da katkı sağlayabilir.

Su tüketimini incelemek ve su yönetiminin sürdürülebilir olmasını teşvik etmek için su ayak izi kavramı etkili bir araç olmuştur. Çeşitli faaliyetlerde tüketilen dolaylı ve doğrudan su miktarını içeren su ayak izi terimi, su kullanımının çevreye olan etkilerini ifade etmektedir (Hoekstra, 2017: 3061-62).

Sonuç olarak; bir ürünün üretiminden tüketimine kadar geçen süreçte kullanılan doğrudan ve dolaylı toplam su hacmini ifade eden su ayak izi kavramını merkeze alan bir yaklaşım benimsenmesi hem kuraklığa karşı direnç geliştirilmesi hem de su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından hayati önem taşımaktadır. Su ayak izine yönelik farkındalığın artırılması ve bu göstergenin üretim planlamalarında bir kriter olarak kullanılması, su kaynaklarının korunmasına katkı sağlayarak su kıtlığı riskini azaltacaktır. Böylelikle suyun daha verimli yönetilmesi sağlanacak ve iklim değişikliği kaynaklı krizlere karşı daha güçlü bir kurumsal ve fiziksel altyapı oluşturulacaktır.

1.3.1. Mavi- Yeşil- Gri Su Ayak İzleri

Hoekstra'nın ortaya attığı (2003) ve Chapagain'le birlikte (2008) daha da geliştirdiği su ayak izi kavramı, tüketim alışkanlıklarının su kaynaklarını ne ölçüde etkilediğinin anlaşılmasında rol oynar. Metreküp/ton cinsinden ifade edilen bir ürünün su ayak izi, üretim sürecine dahil olan her aşamada kullanılan suyun toplamıdır. Su ayak izinin üç çeşidi vardır: Mavi su ayak izi; üretim aşamasında kullanılan yüzey ve yeraltı sularını ifade etmektedir. Yeşil su ayak izi; kullanılan yağmur suyuna karşılık gelmektedir. Gri su ayak izi ise üretim esnasında kirletilen suyun temizlenebilmesi için gereken tatlı su tüketimine denilmektedir (Mekonnen & Hoekstra, 2016: 1578). Başka bir ifadeyle mavi su ayak izi sulama suyu ihtiyacını, yeşil su ayak izi yağışlardan alınan suyu, gri su ayak izi ise üretimde kullanılan kirleticilerin kirlettiği suları temizlemek için gereken su miktarını ifade etmektedir.

Su ayak izi, su kaynaklarının hem doğrudan hem de dolaylı yoldan kullanımını gösterir. Bu kullanım, tüketilen suyun (mavi-yeşil su ayak izi) yanında kirletilen suyu tekrar temizlemek için kullanılacak suyu da (gri su ayak izi) içerir. Gri suyu toplam su kullanımına dahil etme düşüncesi henüz yeni olmasına rağmen kirliliğin de su tüketiminde etkili olması düşünüldüğünde haklı bir düşüncedir. su yönetiminde miktar kadar kalite de kritik bir öneme sahiptir. UNDP'nin 2006 yılında yayınlanan İnsani Gelişme Raporu'nda vurgulandığı üzere, su kıtlığının tek nedeni fiziksel yokluk değildir; su kaynaklarının kirlenmesi de kullanılabilir temiz su arzını kısıtlayarak kalite kaynaklı su kıtlığına yol açmaktadır. (Mekonnen & Hoekstra, 2011: 1578-1579). Tarımsal üretimde kullanılan gübre ve pestisitler, endüstriyel atıklar ve evsel deşarjlar, suyun kalitesini düşürerek ekosistem dengesini bozmakta ve biyolojik çeşitliliği tehdit etmektedir. Kirlenen suyun tekrar kullanılabilir hale gelmesi için gereken arıtma süreçleri ise ek maliyetler ve enerji tüketimi doğurmaktadır. Bu nedenle, Gediz Havzası gibi yoğun tarım ve sanayi faaliyetlerinin olduğu bölgelerde, su yönetimi sadece "suyu temin etmek" olarak değil, aynı zamanda "suyu kirlenmeden yönetmek" olarak da ele alınmalıdır. Su kalitesinin korunması, dolaylı yoldan su arzının artırılması anlamına gelmekte ve sürdürülebilir su yönetiminin temel taşlarından birini oluşturmaktadır.

1.4. Küresel İklim Politikalarının Değerlendirilmesi

Günümüz dünyasında iklim değişikliği, sadece çevresel bir sorun olmaktan çıkarak ekolojik, ekonomik ve sosyopolitik boyutlarıyla çok katmanlı küresel bir kriz haline gelmiştir. Sanayi devriminden bu yana hızla artan karbon salımı; küresel sıcaklık artışı, deniz seviyelerinin yükselmesi ve ekstrem hava olaylarının şiddetlenmesi yoluyla ekosistemleri tehdit etmektedir. Bu bağlamda şekillenen küresel iklim politikaları, emisyon azaltımı (mitigasyon) ve değişen koşullara uyum (adaptasyon) stratejilerini merkeze almaktadır. Ancak ülkeler arasındaki gelişmişlik farkları ve çıkar çatışmaları, bu politikaların etkinliğini sınırlandıran en büyük engel olarak varlığını sürdürmektedir.

Uluslararası toplumun iklim değişikliğini gündeme alması 1970'li yıllara dayanmaktadır. 1972 yılında düzenlenen BM Stockholm Konferansı, çevre sorunlarının kalkınma ve insan sağlığı üzerindeki etkilerinin ilk kez küresel ölçekte tartışıldığı ve uluslararası iş birliğinin temellerinin atıldığı bir dönüm noktası olmuştur. 1992 Rio Zirvesi ise sürdürülebilir kalkınma kavramını öne çıkarmış ve BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin (UNFCCC) imzaya açılmasıyla kurumsal bir mücadele zemini oluşturmuştur.

Bu süreci 1997 yılında imzalanan Kyoto Protokolü izlemiştir. Protokol, sera gazı emisyonlarının azaltılması konusunda bağlayıcı ilk uluslararası antlaşma olma özelliğini taşısa da yalnızca gelişmiş ülkeleri kapsamı ve en büyük emisyon kaynağı olan ABD'nin süreçten çekilmesi nedeniyle etkisi sınırlı kalmıştır.

2015 yılında imzalanan Paris Anlaşması ile daha kapsayıcı bir döneme girilmiş ve küresel sıcaklık artışının sanayi öncesi döneme göre 2°C'nin altında tutulması, hatta 1.5°C ile sınırlandırılması hedeflenmiştir. Ancak süreç Paris ile sınırlı kalmamış, sonraki yıllarda düzenlenen Taraflar Konferansı (COP) zirveleriyle hedefler güncellenmiştir. Özellikle COP26 (Glasgow) zirvesinde fosil yakıtların kademeli olarak azaltılması karara bağlanırken, COP27 (Şarm El-Şeyh) zirvesinde iklim krizinden etkilenen kırılgan ülkeler için "Kayıp ve Zarar Fonu" kurulması kararlaştırılmıştır. Son olarak COP28 (Dubai) zirvesinde ise fosil yakıtlardan tamamen uzaklaşma (transitioning away) çağrısı yapılarak süreç dinamik tutulmaya çalışılmaktadır.

İklim değişikliğiyle mücadelede karbon vergileri, emisyon ticaret sistemleri (ETS) ve yenilenebilir enerji teşvikleri gibi piyasa temelli araçlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerin "düşük karbonlu ekonomiye" geçişini desteklemek amacıyla BM bünyesinde Yeşil İklim Fonu oluşturulmuştur. Bu fon, "ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar" ilkesi gereği, kalkınma hedeflerini sürdüren ülkelere finansal esneklik sağlamayı amaçlamaktadır. Özellikle Çin ve Hindistan gibi hem sanayileşen hem de yüksek nüfuslu ülkeler, bu esneklik kapsamında emisyon azaltım takvimlerini daha uzun vadeye yaymaktadır.

Politikaların uygulanmasındaki temel zorluklardan biri, fosil yakıt sektöründeki büyük şirketlerin ve lobilerin tutumudur. Tarihsel sorumluluk gelişmiş ülkelere olmasına rağmen, bu aktörlerin direnci yükün gelişmekte olan ülkelere kaymasına neden olmaktadır. Ayrıca uluslararası anlaşmaların genellikle "gönüllülük" esasına dayanması ve yaptırım gücünün zayıf olması (soft law), taahhütlerin yerine getirilmesini zorlaştırmaktadır.

Sonuç olarak, iklim politikalarının başarısı için küresel yönetişimin güçlendirilmesi ve caydırıcı yaptırımların hayata geçirilmesi şarttır. Devletlerin yanı sıra özel sektör ve sivil toplumun da sürece dahil edilmesi, üretim süreçlerinin düşük karbonlu teknolojilerle dönüştürülmesi ve yeşil enerji yatırımlarının artırılması, mücadelenin etkinliği açısından kritik öneme sahiptir.

1.5. İklim Değişikliğiyle Mücadelede Akılcı Su Politikası ve Etkin Su Yönetimi

Küresel ölçekte olduğu gibi Türkiye'de de kuraklıkla mücadelede akılcı su politikalarının geliştirilmesi ve su kaynaklarının etkin yönetimi stratejik bir zorunluluktur. Hem ekonomik kalkınma hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından kritik bir kaynak olan suyun yönetimi; ekosistem bütünlüğünün korunması ve gıda güvenliğinin teminatı olan tarımsal üretimin devamlılığı için hayati önem taşımaktadır.

İklim değişikliğiyle mücadelede başarı, yalnızca teknik önlemlerle sağlanamaz; bunun için tarımsal pratiklerin dönüşümünü, politika müdahalelerini ve su yönetişimini kapsayan çok boyutlu ve bütüncül bir yaklaşım benimsenmelidir. Bu bağlamda siyasi kararlılık, politika analizleri, teknolojik altyapı ve paydaş katılımı, su sektörünün iklim değişikliğine karşı direncini artıran temel bileşenler olarak öne çıkmaktadır (Yasin vd., 2020: 1-3). Bu bileşenlerin etkinliği, iklim değişikliğinin kuraklık üzerindeki şiddetlendirici etkisi göz önüne alındığında daha da kritik hale gelmektedir.

Tarımsal üretimde kuraklık kaynaklı kayıpları minimize etmek adına, su tahsisi stratejilerinin "arz odaklı" değil, "talep yönetimi" esaslı planlanması gerekmektedir. Hidrolojik kuraklıkların önceden tahmin edilebilmesi için sezgisel analiz yöntemlerinin kullanılması ve bilime dayalı hafifletme stratejilerinin uygulanması, su kaynaklarının optimum kullanımını sağlayacaktır (Malik vd., 2019:

3987). Bu çerçevede, özellikle yeraltı suyu rezervlerinin aşırı çekimini önlemek ve kuraklık etkilerini sınırlandırmak için entegre su yönetimi stratejilerinin uygulanması elzemdir.

Önleyici tedbirler kapsamında, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) gibi teknolojilerin kullanımı da yönetim süreçlerinin ayrılmaz bir parçası olmalıdır. Su bütçesinin izlenmesi ve kuraklık risk analizlerinin yapılmasında etkin araçlar sunan bu teknolojiler, modern su yönetiminin yapı taşlarıdır (Partigöç ve Soğancı, 2019: 287-289). Bu sistemlerin havza yönetim planlarına entegre edilmesi, ekosistemin ve su kaynaklarının korunması adına bütüncül bir çerçeve sunmaktadır. Söz konusu uygulamaların Türkiye’de öncelikle havza bazında, ardından ülke genelinde yaygınlaştırılması, su politikalarının işlevselliğini artıracaktır.

Uzun süreli kuraklıkların yol açtığı su krizlerinin yönetilebilmesi için geleneksel yaklaşımların ötesinde alternatif politika araçlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda sulama politikalarının revize edilmesi, tarımsal desteklemelerin su verimliliğine göre yeniden yapılandırılması ve su piyasalarının önündeki engellerin kaldırılması literatürde öne çıkan çözüm önerilerindendir (Barbier, 2022: 1-2). Ayrıca, uzun vadeli planlamalar ve kapsamlı politika analizleri, kuraklığa karşı kurumsal direnç geliştirmenin temel argümanlarıdır.

Sonuç olarak, akılcı su politikaları ve etkin su yönetimi, iklim değişikliği ile mücadelede en güçlü adaptasyon aracıdır. Bu süreçte yerel yönetimlerin karar alma mekanizmalarına dahil edilmesi ve toplumsal farkındalığın artırılması, başarının anahtarıdır. Özellikle Gediz Havzası gibi su kaynaklarının yoğun baskı altında olduğu ve su stresinin derinden hissedildiği bölgelerde, suyun sadece fiziksel temini değil; adil, verimli ve sürdürülebilir dağıtımı hedeflenmelidir. Tarım sektörünün yüksek su tüketim payını düşürmek amacıyla modern sulama tekniklerinin yaygınlaştırılması, altyapının modernize edilmesi ve su tasarrufu sağlayan teknolojilerin teşvik edilmesi, havza genelinde su güvenliğinin sağlanması için atılması gereken öncelikli adımlardır.

2. YÖNTEM

İklim değişikliğinin Gediz Havzası’ndaki su yönetimi üzerindeki etkilerini araştırmayı amaçlayan bu çalışmada, nitel araştırma yöntemlerinden doküman analizi tekniği tercih edilmiştir. Araştırılması hedeflenen olgu veya olaylar hakkında bilgi içeren yazılı materyallerin sistematik bir şekilde incelenmesini ve değerlendirilmesini içeren bu yöntem kapsamında; ulusal ve uluslararası politika belgeleri, stratejik planlar ve istatistiksel veri setleri bütüncül bir yaklaşımla ele alınmıştır.

Çalışmanın temel veri kaynaklarını; TÜİK, DSİ, Tarım ve Orman Bakanlığı, MGM, BM ve AB gibi ulusal ve uluslararası kurumların yayınlamış olduğu raporlar oluşturmaktadır. Özellikle MGM’nin hazırladığı yağış ve sıcaklık projeksiyonları, DSİ’nin uzun dönemli akım gözlem yıllıkları ve Tarım ve Orman Bakanlığı’nın Havza Yönetim Planları, analizin temel dayanağını teşkil etmiştir. Araştırma sürecinde, 1980’li yıllardan günümüze kadar olan yıllık yağış, sıcaklık, akım ve yeraltı su seviyesi verileri dikkate alınarak havzadaki iklimsel ve hidrolojik eğilimler saptanmış, su kaynaklarındaki azalma ile yağış rejimlerindeki değişimler karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

Verilerin analizi, birbirini takip eden üç aşamalı bir süreçte gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, ilgili kurumların resmi veri tabanlarından ve faaliyet raporlarından ham veriler temin edilmiş, eksik yıllara ait veriler arşiv taramalarıyla tamamlanmıştır. İkinci aşamada, elde edilen veriler iklim göstergeleri, yeraltı ve yerüstü su verileri ve politika belgeleri olmak üzere tematik gruplara ayrılarak sınıflandırılmıştır. Son aşama olan analiz ve değerlendirme sürecinde ise uzun vadeli eğilimlerin tespiti amacıyla veriler yıllar bazında karşılaştırılmış; kuraklık indüsleri, su seviyesi değişimleri ve akım rejimleri üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Ayrıca iklim değişikliği ile su yönetimi arasındaki ilişki, politika belgelerindeki yaklaşımlarla birlikte ele alınarak yorumlanmıştır. Bu yöntemin seçilmesindeki temel neden; Gediz Havzası’ndaki fiziksel değişimleri gösteren nicel verilerle, bu değişimlere yanıt olarak geliştirilen idari politikaları aynı düzlemde inceleme olanağı sağlamasıdır.

Çalışmanın sınırlılıkları arasında geçmişe dönük bazı dönemlerde yeraltı su seviye verilerinin eksikliği ve bazı verilerin mekansal çözünürlüğünün düşük olması yer alsa da farklı veri kaynaklarının bir arada kullanılması sayesinde veri eksiklikleri genel eğilim analizini etkilemeden giderilebilmiştir.

3. BULGULAR

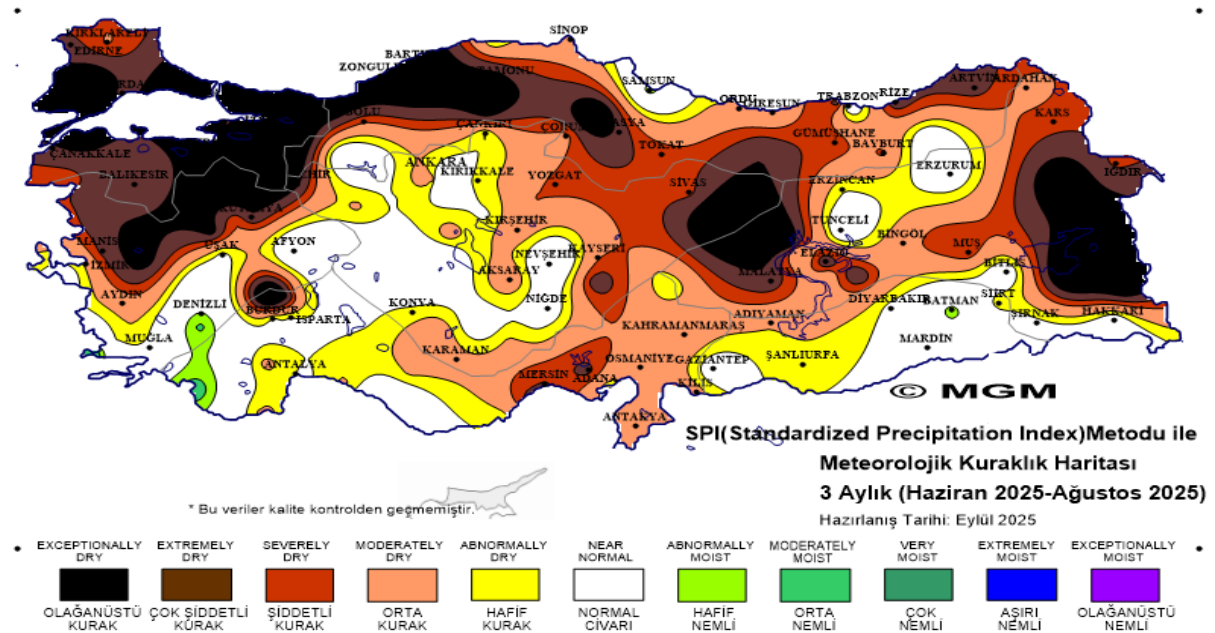
Çalışmanın bu bölümünde iklim değişikliğinin Gediz Havzası üzerindeki etkileri yağış, sıcaklık, yüzey ve yeraltı suyu değişimleri ile analiz edilerek uzun dönemli değerlendirmeler yapılmıştır. Bulgular, iklim değişikliğinin su dengesi üzerindeki etkilerini açıkça ortaya koymaktadır.

Yaşanan kuraklıkların sıklığı ve şiddeti, iklim değişikliğinin etkisiyle sürekli artmakta, bu da Gediz Havzası'nda su kaynakları ve tarımsal üretimi tehdit etmektedir. Havza genelinde tarımsal su kullanımına olan bağımlılık, su kaynaklarını çok ciddi ölçüde tehdit eder duruma gelmiştir.

Birleşmiş Milletlere göre yaklaşık bir milyar insan su stresi çekmektedir. Türkiye'de kişi başına düşen tatlı su miktarı gelişmiş ülkelerin ve dünya ortalamasının altında olduğundan kamuoyunda sanılanın aksine Türkiye su stresi yaşayan ve dahası su kıtlığı sınırında olan bir ülkedir. Türkiye, kişi başına yıllık 1322 metreküp su ile su stresi altındadır ve yakın zamanda su kıtlığı çekme ihtimali bulunmaktadır (DSİ, 2023). Bu bağlamda Türkiye'deki su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimine acilen geçilmesi zorunluluk arz etmektedir.

Türkiye'nin büyük bir kısmı su stresi altındadır ve su kıtlığı çekmektedir; ancak Gediz Havzası gibi su tüketiminin yoğun olduğu ve iklim değişikliğine duyarlı alanlarda su kaynaklarının hızla tükenmesi, tarımsal üretimi ve dolayısıyla sosyo-ekonomik yapıyı tehdit etmektedir. Bu tehdidin temelinde, havza deseninde yer alan yüksek su tüketimine sahip ürünlerin yarattığı dengesizlik yatmaktadır. Özellikle üzüm, pamuk ve mısır gibi stratejik ürünlerin su ayak izi bileşenleri karşılaştırıldığında; bitki su ihtiyacının doğal yağışlarla (yeşil su) karşılanamayan büyük kısmının, yeraltı ve yerüstü kaynaklarına dayalı sulama suyu (mavi su) ile ikame edilmek zorunda kaldığı görülmektedir. Mavi su ayak izinin yeşil su ayak izine oranla bu denli yüksek olması, havza su bütçesi üzerinde sürdürülemez bir baskı oluşturmaktadır. Bu nedenle havza bazlı öneriler geliştirilirken, mavi su ayak izi yüksek olan bu ürünlerin yerine, bölgenin yağış rejimiyle uyumlu ve daha az sulama gerektiren ürün desenlerine geçiş yapılması elzemdir.

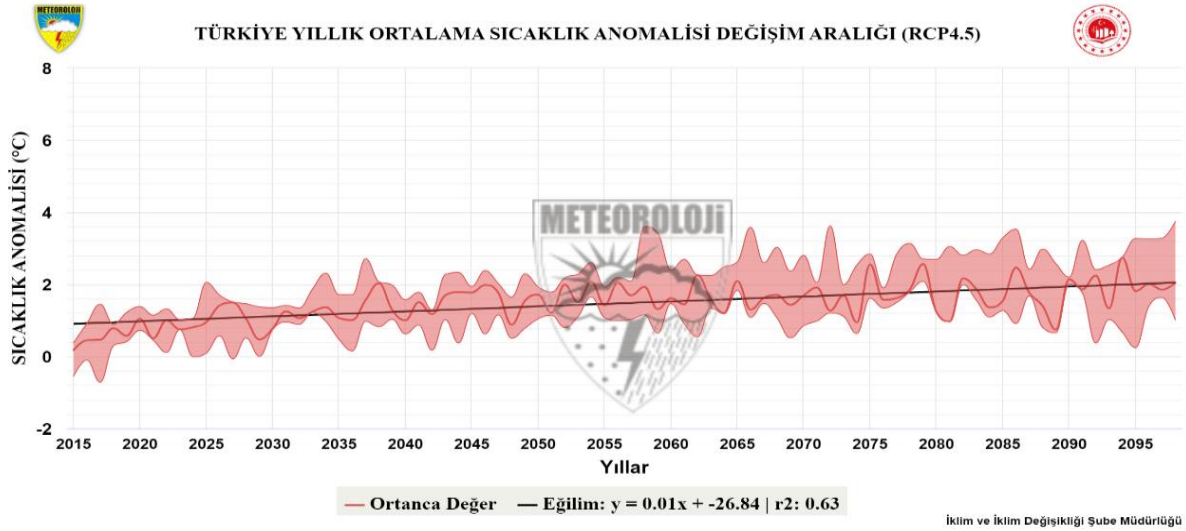
İklim değişikliği ile bağlantılı kuraklığın her geçen gün etkisini daha da artırdığı tarım havzalarında bu ayak izleri arasında dengenin kurulması gerekmektedir. Gediz Havzası özelinde tarım faaliyetlerinde özellikle mavi ve yeşil su ayak izi çok ciddi boyutlardadır. Su tüketimi fazla olan tarım ürünlerinin su ihtiyacı yeşil su miktarı ile karşılanamamakta, bu da mavi su ayak izi miktarını artırarak zaten kısıtlı olan yeraltı yerüstü su kaynaklarına çok daha fazla yük bindirmektedir.



Şekil 1. 2025 yılı Türkiye Geneli 3 Aylık Kuraklık Haritası.

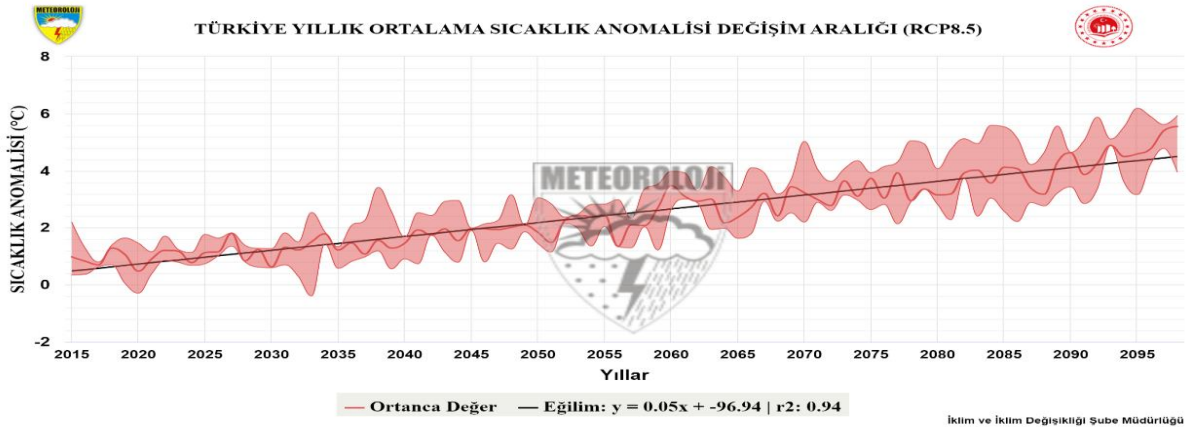
Kaynak: MGM, 2025

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından Standart Yağış İndeksi (SPI) metodu ile hazırlanan 2025 yılı kuraklık haritası (Şekil 1), Türkiye genelinde yaşanan şiddetli meteorolojik kuraklığın mekansal dağılımını göstermektedir. Harita, çalışma alanı olan Gediz Havzası özelinde değerlendirildiğinde; havzanın büyük bir kısmının "Olağanüstü Kurak" (Exceptionally Dry) ve "Çok Şiddetli Kurak" (Extremely Dry) kategorileriyle temsil edilen en koyu renkli risk bölgesinde yer aldığı açıkça görülmektedir. Tarımsal sulama ihtiyacının en yüksek olduğu Haziran-Ağustos dönemini kapsayan bu tablo, Gediz Havzası'ndaki su kaynaklarının yaz döneminde beslenemediğini ve bölgenin meteorolojik kuraklıktan hidrolojik kuraklığa sürüklenen bir kriz sürecinde olduğunu kanıtlamaktadır.



Şekil 2. RCP 4.5 Senaryosuna Göre 2100 Yılına kadar Türkiye Geneli Sıcaklık Anomalileri

Kaynak: MGM, 2025



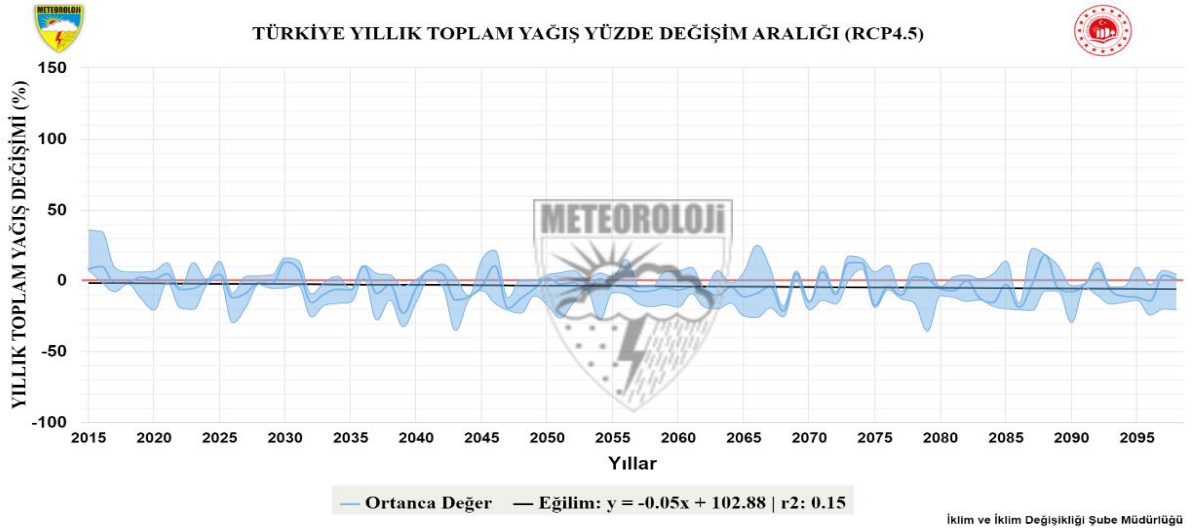
Şekil 3. RCP 8.5 Senaryosuna Göre 2100 yılına kadar Türkiye Geneli Sıcaklık Anomalileri

Kaynak: MGM, 2025

Birleşmiş Milletler Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından hazırlanan raporlarda, iklim değişikliğinin gelecekteki etkilerini öngörmek amacıyla 2100 yılına kadar uzanan küresel senaryolar oluşturulmuştur. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) de bu küresel senaryoları Türkiye'ye uyarlayarak, ülke genelinde yüzyılın sonuna kadar beklenen olası sıcaklık ve yağış anomalilerini modellemiştir.

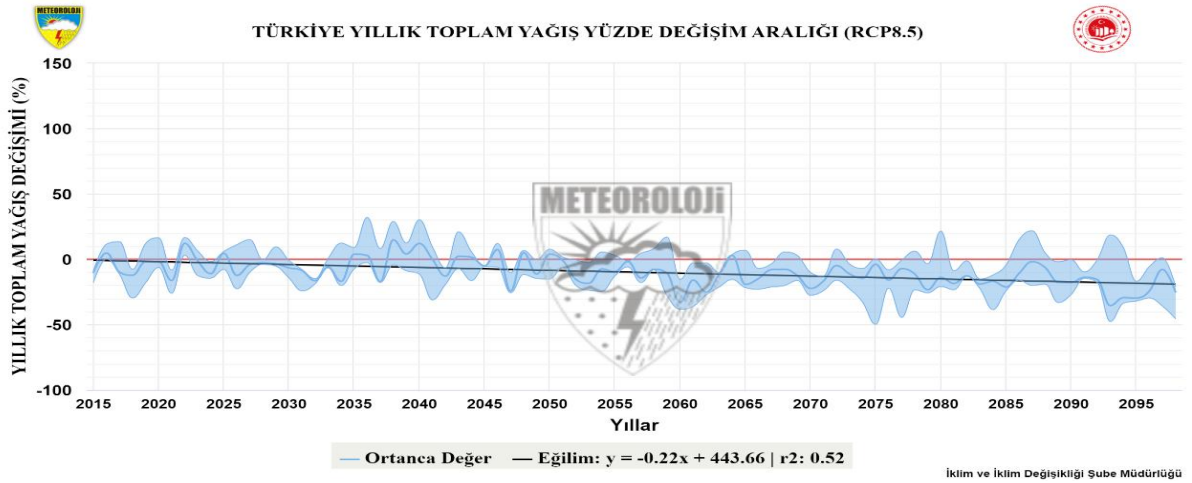
Şekil 2 ve Şekil 3'te sunulan projeksiyonlar incelendiğinde, senaryolar arasındaki makasın yüzyılın sonuna doğru belirginleştiği görülmektedir. Orta düzey emisyon senaryosu (RCP 4.5) ile yüksek emisyon senaryosu (RCP 8.5) karşılaştırıldığında, özellikle "işlerin olağan akışı" olarak nitelendirilen kötümser senaryoda (RCP 8.5) sıcaklık artış trendinin çok daha sert bir ivme kazandığı anlaşılmaktadır. Bu projeksiyonlara göre, 2100 yılına gelindiğinde Türkiye genelinde ortalama sıcaklıkların bugüne

kıyasla 6-7 °C'ye varan oranlarda yükseleceği öngörülmektedir. Beklenen bu aşırı sıcaklık artışı, şiddetli buharlaşmayı tetikleyerek su kaynakları üzerindeki baskıyı artıracak en kritik faktörlerden biridir.



Şekil 4. RCP 4.5 Senaryosuna Göre 2100 Yılına kadar Türkiye Geneli Yağış Azalımı

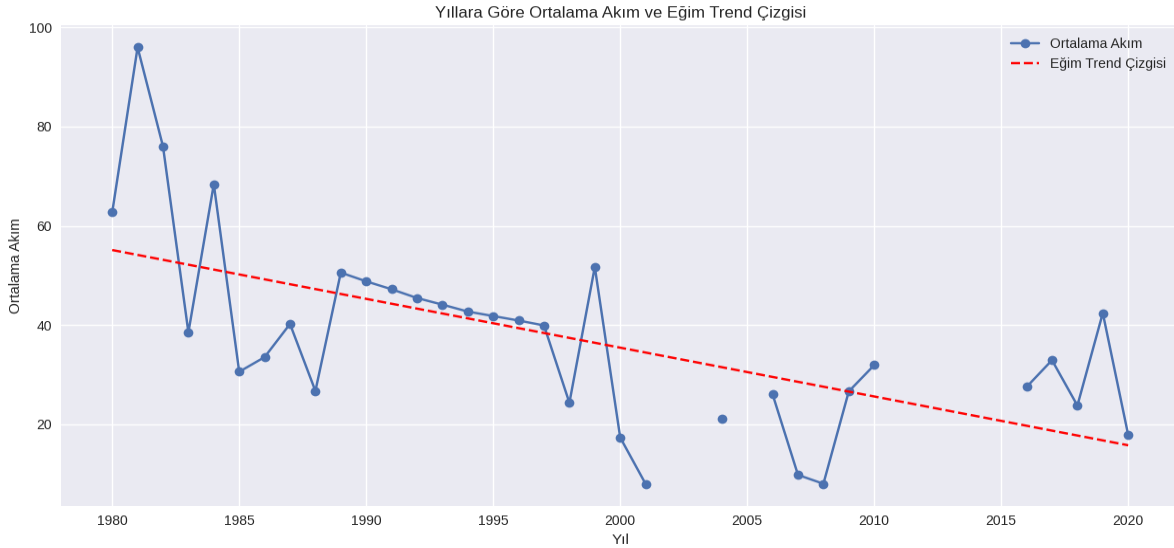
Kaynak: MGM, 2025



Şekil 5. RCP 8.5 Senaryosuna Göre 2100 Yılına kadar Türkiye Geneli Yağış Azalımı

Kaynak: MGM, 2025

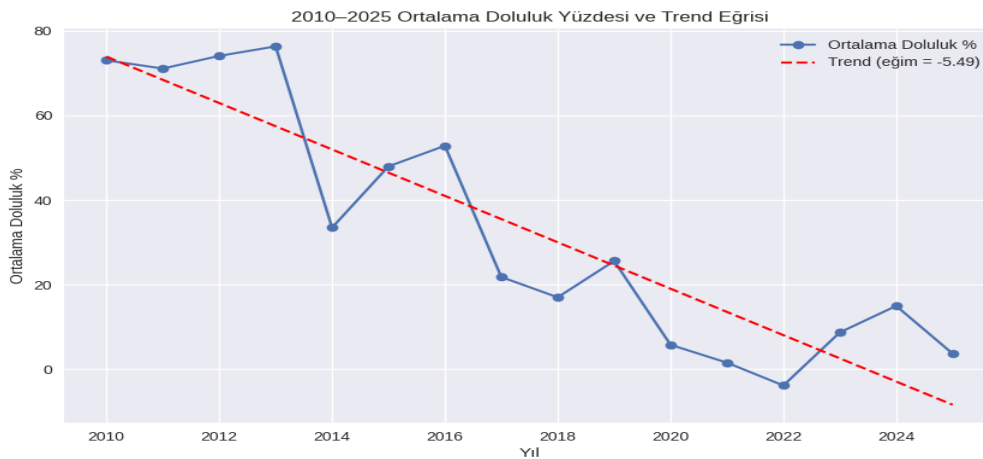
RCP senaryolarına dayalı yağış projeksiyonları (Şekil 4 ve 5) karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde, yüzyılın sonuna doğru yağış rejimlerindeki sapmanın negatif yönde derinleştiği görülmektedir. Özellikle yüksek karbon emisyonuna dayalı kötümser senaryo (RCP 8.5) altında, yağış miktarındaki azalma eğilimi %40-50 bandına ulaşarak çok daha keskin ve dramatik bir düşüş sergilemektedir. Bu veriler, havzanın su bütçesinde geri dönülemez açıkların oluşacağını işaret etmektedir. Söz konusu azalmanın, sıcaklık artışına bağlı buharlaşmanın şiddetlendiği ve tarımsal sulama talebinin zirve yaptığı kritik büyüme dönemlerinde yoğunlaşması, 'su arz-talep dengesizliğini' yönetilemez bir boyuta taşıma riski barındırmaktadır. Bu durum, su arz güvenliğini ortadan kaldırarak bölgedeki sulu tarım ekonomisinin sürdürülebilirliğini varoluşsal bir tehditle karşı karşıya bırakmaktadır.



Şekil 6. Gediz Nehri akımında yıllara göre değişimler

Kaynak: DSİ, 2025a

Gediz Havzası'nda, iklim değişikliği ve aşırı kullanım baskısı nedeniyle yeraltı ve yerüstü su kaynakları hızla azalmaktadır. Bu durum, havzanın genelinde ve özellikle ovalık kesimlerinde sulu tarımın geleceğini tehdit etmektedir. Havzada sulu tarımın can damarı olan Gediz Nehri ve kollarının debisinde, Şekil 6'da sunulan uzun dönemli akım gözlem verilerinin de doğruladığı üzere, 1980'li yıllardan günümüze negatif yönlü ve oldukça sert bir düşüş trendi yaşanmaktadır. Grafikteki trend eğilimi incelendiğinde, nehrin ortalama debisinin yıllar içinde sistematik olarak azaldığı ve hidrolojik dengenin bozulduğu açıkça görülmektedir. Eskiden yıl boyunca daha düzenli akış gösteren nehir, günümüzde özellikle tarımsal sulama talebinin zirve yaptığı yaz aylarında kuruma noktasına gelerek rejimin düzensizleştiğine işaret etmektedir. Bu veri, havzadaki su arz güvenliğinin artık pamuk ipliğine bağlı olduğunun en somut hidrografik kanıtıdır.

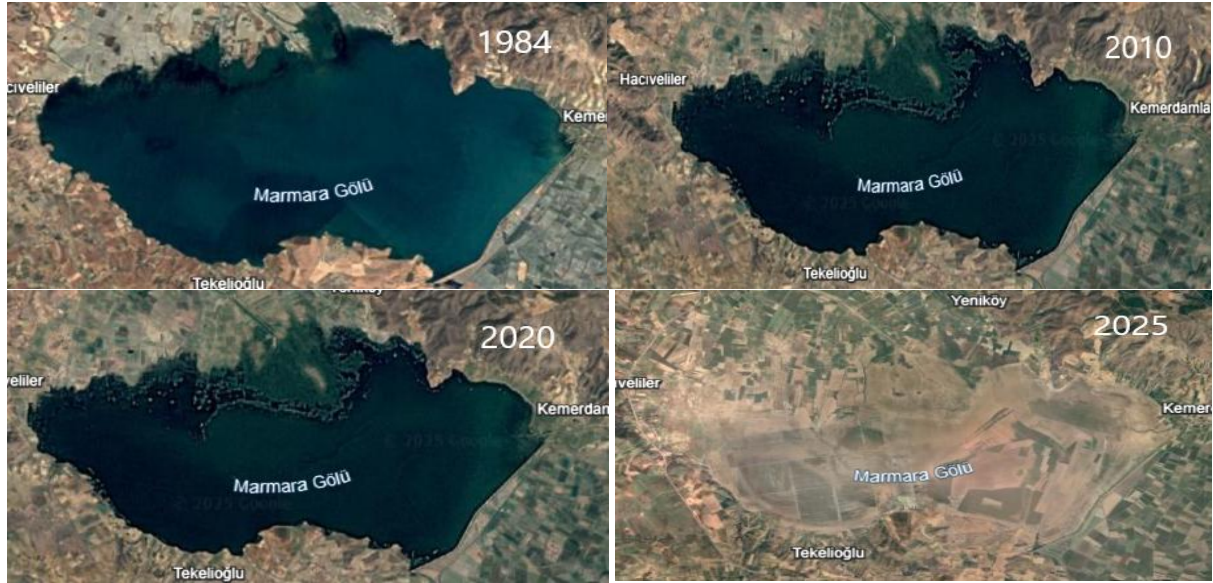


Şekil 7. Demirköprü Barajı 2010-2025 Arası Seviye Değişimi

Kaynak: DSİ, Demirköprü Hidroelektrik Santral Müdürlüğü, 2025b

Havzanın hidrolojik dengesi açısından kritik öneme sahip olan Demirköprü Barajı, inşa edildiği tarihten bu yana en şiddetli kuraklık dönemini yaşamaktadır. Şekil 7'de sunulan doluluk oranı grafiği incelendiğinde, barajdaki su kaybının dönemsel bir dalgalanma olmaktan çıkıp, yıllara yayılan sistematik ve keskin bir düşüş trendine dönüştüğü açıkça görülmektedir. DSİ verilerine göre barajın "eksi kot" (ölü hacim) seviyesine gerilemiş olması, aktif hacmin tamamen tüketildiğini ve barajın

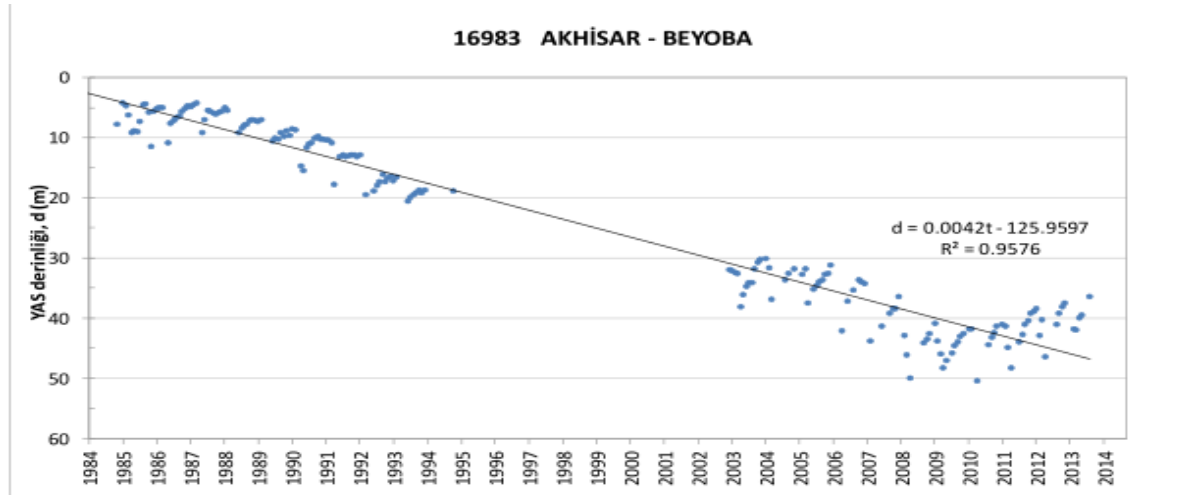
işletme fonksiyonunu yitirme noktasına geldiğini göstermektedir. Rezervuarın tarımsal sulama talebini karşılayamaz hale gelmesi, havza yönetiminde yüzey depolamasına dayalı arz güvenliğinin çöktüğünü ve sistemin iklim değişikliği karşısındaki kırılganlığını gözler önüne sermektedir.



Şekil 8. Marmara Gölü'nün Kuruması

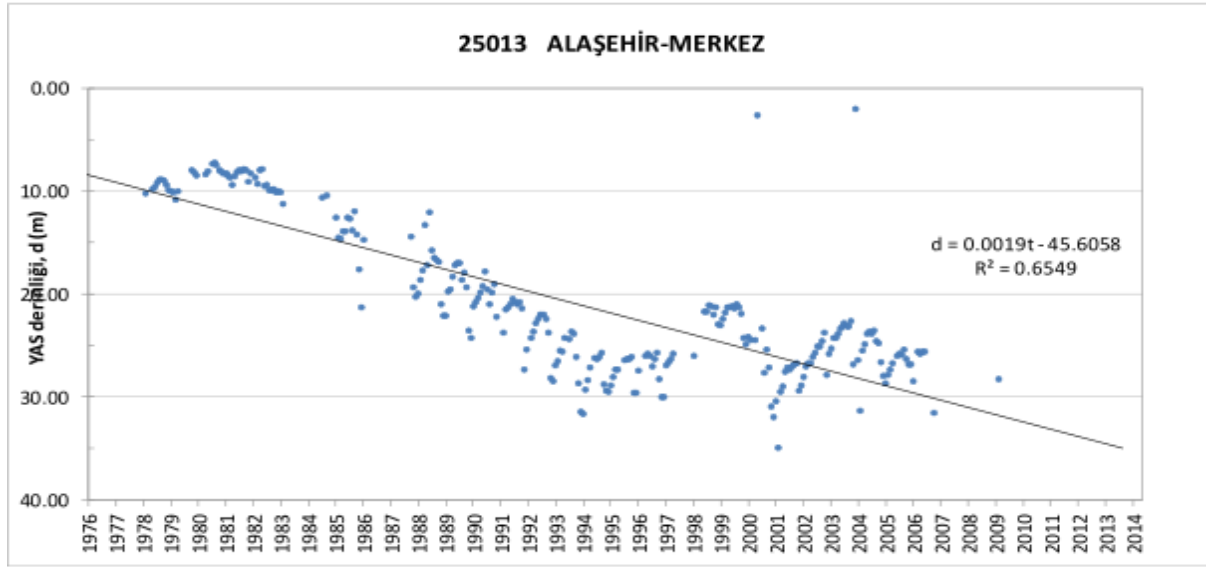
Kaynak: earth.google.com

Marmara Gölü gerek iklim değişikliğinin etkisi gerek yeraltı sularından aşırı çekim gerekse gölün su kaynaklarına yapılan insan müdahaleleri nedeniyle 1980'li yıllardan bu yana sürekli küçülmüş ve nihayetinde 2021 yılında tamamen kurumuştur. Geçmiş gözlem verilerine göre 45 km² alana ve 4-5 metre derinliğe sahip olan, bölgedeki yeraltı su kütlelerinin de büyük beslenme kaynağı olan bu gölün kurumasıyla havzadaki bağlı yeraltı su kütlelerinin de tükenme sürecinin hızlanması öngörülmektedir (Şekil 8).



Şekil 9. Akhisar Beyoba Kuyusu Seviye Değişimi

Kaynak: Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019



Şekil 10. Alaşehir Kuyusu Seviye Değişimi

Kaynak: Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019

Gediz Havzası, çoğunluğu ova kesiminde olmak üzere büyük yeraltı su kütlelerine sahiptir. Özellikle tarımsal üretimin ihtiyacının büyük kısmı geçmişten beri yeraltı sularından karşılanmaktadır. Bu da ciddi anlamda bir kayba yol açmaktadır. Gerek iklim değişikliği bağlantılı kuraklık gerekse aşırı çekimden dolayı havzanın ova kesimi yeraltındaki su kütleleri çok ciddi azalmıştır ve azalmaya devam etmektedir. Bu hızla devam ederse ovadaki yas (yeraltı suyu) kütleleri tamamen tükenme tehlikesiyle karşı karşıya gelecektir. DSİ tarafından önceki tarihlerde ovanın çeşitli yerlerine açılan YAS rasat kuyularından elde edilen verilere göre, 1980li yıllardan günümüze dek, yeraltı su seviyelerinde ciddi düşüşler gözlenmektedir. Bazı kuyularda yıllık düşüşler yıllık 30- 40 cm kadarken, bazı kuyularda yıllık 150 cm'yi geçen düşüşler gözlenmektedir (Şekil 9-10).

4. TARTIŞMA

Çalışmadan elde edilen bulgular, iklim değişikliğinin Gediz Havzası'nın hem iklimsel hem de hidrolojik dinamikleri üzerindeki olumsuz etkilerini doğrulamaktadır. Havza genelinde gözlemlenen yağışlardaki azalma eğilimi, uzun dönemli sıcaklık artışları ve su kaynaklarındaki hızlı gerileme; literatürde iklim değişikliği ile su kaynakları arasındaki ilişkiye dair vurgulanan genel projeksiyonlarla ve beklenen sonuçlarla tam bir uyum göstermektedir.

Havza genelinde görülen sıcaklık artışları ve yağış azalımı, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) senaryolarıyla paralellik göstermekte olup; öngörülen sıcaklık artışları özellikle yaz aylarında buharlaşmanın daha da artarak su arz ve talep dengesinin gittikçe daha da bozulmasına neden olacaktır. Bu durum da su rezervlerindeki azalmayı daha da hızlandırarak tarımda suya bağımlılığı daha da artıracaktır. Literatürde de kurak ve yarı kurak bölgelerde iklim değişikliğinin tarımsal su ihtiyacını artırdığına vurgu yapılmaktadır.

Havzadaki yeraltı ve yerüstü su kaynaklarındaki hızlı azalma, yalnızca iklim değişikliği etkisiyle değil, aynı zamanda yönetimsel faaliyetlerin de bir sonucu olarak değerlendirilmelidir. Özellikle Marmara Gölü'nün kurumasında insan faaliyetlerinin etkisi gözardı edilmemelidir. Yine havzadaki su tüketimi yüksek tarım ürünlerinin özellikle mavi su ayak izinin yüksekliği, yağışların azalması ve sıcaklıkların fazla olmasıyla birleştiğinde yeraltı sularına çok daha fazla yük binmekte ve ekosistemin dengesini bozmaktadır. Benzer durumlar su stresi yaşayan birçok tarım havzasında da gözlenmektedir.

Bulgulara genel olarak bakıldığında, Havza'daki su yönetiminin başarısının yalnızca yağış rejimi gibi doğal faktörlere değil; aynı zamanda kurumsal, teknolojik ve ekonomik dinamiklere de sıkı sıkıya bağlı olduğu ortaya çıkmaktadır. Kurumsal açıdan bakıldığında, su yönetimindeki yetki karmaşası ve kurumlar arası koordinasyon eksikliği havza bazlı planların sahada uygulanmasını zorlaştırmaktadır.

Teknolojik açıdan, sulama altyapısının eskimesi ve halen yaygın olan vahşi sulama yöntemleri, iletim hatlarında ve tarlada büyük su kayıplarına neden olmaktadır. Ekonomik açıdan ise, tarımsal ürün deseninin suyun mevcudiyetine göre değil, pazar fiyatlarına göre belirlenmesi; havzada su tüketimi yüksek ürünlerin (mısır, üzüm, pamuk vb.) ekimini teşvik ederek su bütçesini açık vermeye zorlamaktadır.

İklim değişikliği, halihazırda bu yapısal sorunlarla mücadele eden ve aşırı stres altında olan su kaynaklarına ilave ve ağır bir yük bindirmektedir. Bu yüzden etkin bir su yönetimi politikasının oluşturulabilmesi, ancak iklimsel verilerin idari karar alma süreçlerine tam entegrasyonu ile mümkün olabilecektir. Özellikle Entegre Havza Yönetimi (IWRM) uygulamaları, su ayak izi analizleri ve modern basınçlı sulama teknolojilerinin yaygınlaştırılması; hem arz-talep dengesinin sağlanmasına katkıda bulunacak hem de iklim değişikliğine uyum kapasitesini artırarak su kaynakları üzerindeki baskıyı hafifletecektir.

SONUÇ

Bu çalışmada, Gediz Havzası'ndaki meteorolojik ve hidrolojik veriler ile su yönetimi politikaları bütüncül bir yaklaşımla analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, havzada sıcaklıkların yüzyıl sonuna kadar 6-7°C artacağı ve yağışların %50'ye varan oranlarda azalacağı projeksiyonları ile birleştiğinde; mevcut su yönetimi krizinin yapısal ve şiddetli bir "su kıtlığına" dönüşmekte olduğunu göstermektedir. Çalışmanın temel çıktısı; Gediz Havzası'ndaki su krizinin yalnızca iklimsel bir sonuç olmadığını, aynı zamanda "arz odaklı" geleneksel yönetim anlayışının sürdürülemezliğini kanıtlayan bir yönetim krizi olduğunu ortaya koymaktadır.

Çalışmada incelenen Entegre Su Kaynakları Yönetimi (IWRM) çerçevesinde değerlendirildiğinde; Gediz Havzası'ndaki temel sorunun, suyun doğal döngüsü (yeşil su) ile tarımsal üretim deseni (mavi su talebi) arasındaki uyumsuzluktan kaynaklandığı tespit edilmiştir. Özellikle üzüm, pamuk ve mısır gibi yüksek mavi su ayak izine sahip ürünlerin havza desenindeki ağırlığı, azalan yağışlarla birleşerek Demirköprü Barajı ve Marmara Gölü örneğinde olduğu gibi yeraltı ve yerüstü su rezervlerinin tükenmesine yol açmaktadır. Dolayısıyla, Paris Anlaşması kapsamında Türkiye'nin taahhüt ettiği "iklim değişikliğine uyum" hedeflerinin Gediz Havzası'ndaki karşılığı, sadece altyapı yatırımları değil, ürün deseninin havzanın su bütçesine göre yeniden planlanmasıdır.

Bu bağlamda havzadaki su güvenliğinin sağlanması, kurumsal, teknik ve ekonomik boyutları içeren çok katmanlı bir stratejiyi zorunlu kılmaktadır. Kurumsal yapılanma açısından öncelikle Tarım ve Orman Bakanlığı ile DSİ koordinasyonunda faaliyet gösteren Gediz Havzası Yönetim Heyeti'nin yetkileri artırılmalı, alınan kararlar "tavsiye" niteliğinden çıkarılıp bağlayıcı hale getirilmelidir. Ayrıca Paris Anlaşması Ulusal Katkı Beyanı (NDC) doğrultusunda havza bazlı su bütçesi her yıl revize edilmeli ve yerel yönetimler ile üniversiteler iş birliği içinde yıllık Gediz Havzası Su Ayak İzi Raporu yayınlanarak şeffaf bir izleme mekanizması oluşturulmalıdır.

Teknik boyutta ise su tahsisi stratejileri köklü bir değişime uğramalıdır. Havzada mavi su ayak izi yüksek olan üzüm, pamuk ve mısır gibi ürünlerin ekim alanları, Tarım ve Orman İl Müdürlükleri tarafından belirlenecek kotalarla sınırlandırılmalı; bunun yerine kuraklığa dayanıklı, yeşil su (yağış) ile yetinebilen tıbbi aromatik bitkiler ve buğday, arpa gibi ürünlerin ekimi teşvik edilmelidir. Buna paralel olarak, DSİ tarafından yürütülen sulama projelerinde buharlaşma kayıplarını minimize etmek amacıyla açık kanal sistemlerinden tamamen vazgeçilerek, basınçlı ve kapalı devre boru sistemlerine geçişin 2030 yılına kadar tamamlanması gerekmektedir. Ayrıca yeraltı suyu çekimlerini kontrol altına almak için havzadaki tüm kuyulara, yasal veya kaçak ayrımı yapılmaksızın "Ön Ödemeli Kartlı Savaş" sistemi zorunlu hale getirilmeli ve uzaktan izleme sistemleri (SCADA) ile anlık takip sağlanmalıdır.

Ekonomik araçların etkin kullanımı da sürecin başarısı için kritik önem taşımaktadır. Su fiyatlandırmasında sabit tarife yerine, kuraklık dönemlerinde artan "kademeli tarife" modeline geçilmeli ve su ayak izi düşük ürünleri eken çiftçilere su indirimi uygulanmalıdır. Çiftçilerin modern sulama sistemlerine geçişi için Ziraat Bankası ve Tarım Kredi Kooperatifleri aracılığıyla sağlanan faizsiz kredilerin limitleri artırılmalı ve hibe destekleri, Yeşil İklim Fonu gibi uluslararası kaynaklarla güçlendirilmelidir. Sonuç olarak Gediz Havzası'nda suyun yönetimi, bir kaynak yönetimi olmaktan çıkıp risk yönetimine dönüşmelidir. Önerilen bu bütüncül stratejilerin hayata geçirilmesi, havzanın

sadece ekolojik dengesini değil, gıda güvenliğini ve sosyo-ekonomik geleceğini de teminat altına alacaktır.

KAYNAKÇA

- Antonelli, M. & Sartori, M. (2014). Unfolding the potential of the virtual water concept. What is still under debate? *SSRN Electronic Journal*. Working Paper. (74).
- Avrupa Çevre Ajansı. (1999). *Avrupa Çevre Ajansı*. URL: <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/water-stress> Erişim Tarihi: 10 Ağustos 2025.
- Barbier, E. (2022). The Economics of Managing Water Crises. *Philosophical Transactions of the Royal Society a Mathematical Physical and Engineering Sciences*. 380(2238).
- Birleşmiş Milletler. (1994). *United Nations Convention to Combat Desertification*. https://catalogue.unccd.int/936_UNCCD_Convention_ENG.pdf Erişim Tarihi: 1 Mart 2024.
- Birleşmiş Milletler. (2021). *BM Afet Riski Azaltma Ofisi*.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. (2023) *2022 Yılı Faaliyet Raporu*. URL: <https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/Sayfa/759/1107/DosyaGaleri/dsi2022faaliyetraporu.pdf> Erişim Tarihi: 30 Ağustos 2025.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. (2025a). *Akım Gözlem yıllıkları 1935- 2020*.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. (2025b). *Demirköprü Hidroelektrik Santral Müdürlüğü Baraj Su Üretim ve Maliyet Değerleri*.
- Dünya Meteoroloji Örgütü. (2024). Dünya Meteoroloji Örgütü. URL: <https://wmo.int/topics/drought> Erişim Tarihi: 23 Şubat 2024
- Erişim Tarihi: 23 Şubat 2025
- Falkenmark, M., Lundqvist, J., & Widstrand, C. (1989). Macro-Scale Water Scarcity Requires Microscale Approaches: Aspects of Vulnerability in Semi-Arid Development. *Natural Resources Forum*, 13(4): 258-267.
- Hoekstra, A. & Chapagain, A.Y. (2008). Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources. URL: <https://doi.org/10.1002/9780470696224>
- Hoekstra, A. (2003). Virtual Water Trade Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. Value of Water Research Report Series No. 12. IHE Delft.
- Hoekstra, A. (2017). Water Footprint Assessment: Evolvment Of A New Research Field. *Water Resources Management*, 31(10): 3061-3081.
- Malik, A., Kumar, A. & Singh, R. P. (2019). Application of heuristic approaches for prediction of hydrological drought using multi-scalar streamflow drought index. *Water Resources Management*, 33(11): 3985-4006.
- Mekonnen, M. & Hoekstra, A. (2011). The Green, Blue and Grey Water Footprint of Crops and Derived Crop Products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(5): 1577-1600.
- Mekonnen, M., & Hoekstra, A. (2016). Four Billion People Facing Severe Water Scarcity. *Science Advances*, 2(2).
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2025). Meteoroloji Genel Müdürlüğü. *Türkiye İçin İklim Projeksiyonları*. URL: <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklimdegisikligi.aspx?s=projeksiyonlar> Erişim Tarihi: 25.08.2025.
- Partigöç, N. S., & Soğancı, S. (2019). Küresel İklim Değişikliğinin Kaçınılmaz Sonucu: Kuraklık. *Resilience*, 3(2): 287-299.

Tarım ve Orman Bakanlığı. (2019). *Gediz Havzası Kuraklık Yönetim Planı. Nihai Rapor*. Ankara. Cilt: 1-2.

Tarım ve Orman Bakanlığı. (2022). *Kuraklık Yönetimi. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Daire Başkanlığı*. URL: https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Kurakl%C4%B1k%20Y%C3%B6netim%20KiTab%C4%B1/Kurakl%C4%B1k%20y%C3%B6netimi_16x24cm_Online.pdf Erişim Tarihi: 25.11.2025.

URL: <https://www.dsi.gov.tr/sayfa/detay/744> Erişim Tarihi: 01.09.2025

URL: <https://www.undrr.org/understandingdisasterrisk/terminology/hips/mh0035>

Yasin, H., Breadsell, J., & Tahir, M. N. (2020). Climate-Water Governance: A Systematic Analysis of the Water Sector Resilience and Adaptation to Combat Climate Change in Pakistan. *Water Policy*, 23(1): 1-35.