



GELECEKTE KURAKLIK SONUCU ETKİLENEBİLECEK ENDÜSTRİYEL SEKTÖRLERİN HAVZA BAZLI DEĞERLENDİRİLMESİ

Alperen Kır^{1*}, Mehmet Kitiş²

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, Türkiye

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler

*Kuraklık,
Su Verimliliği,
Su Yoğun Sektörler,
Sürdürülebilir Kalkınma,
Yenilikçi Teknolojiler.*

Öz

İklim değişikliği, artan sıcaklıklar ve değişen yağış rejimleri nedeniyle su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini giderek daha karmaşık hale getirmektedir. Özellikle suya bağımlı sektörlerde ciddi ekonomik ve çevresel etkiler doğurabilecek bu durum, Türkiye'deki hidrolojik havzaların gelecekteki su potansiyellerinin değerlendirilmesini ve buna yönelik stratejiler geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu çalışma, Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün Kuraklık Eylem Planları ve RCP 4.5 senaryosu temel alınarak, 2050 yılı itibarıyla çeşitli havzalarda öngörülen su potansiyeli değişimlerini analiz etmektedir. Özellikle Kuzey Ege (%60), Konya (%56), Seyhan (%49), Sakarya (%49), Akarçay (%43) ve Batı Karadeniz (%40) havzalarında önemli su kayıplarının yaşanabileceği öngörülmekte olup, bu azalmaların gıda, enerji ve tekstil gibi su yoğun sektörler üzerindeki etkileri ele alınmıştır. Mevcut ve gelecekteki su potansiyelleri ile sektörel su kullanım ihtiyaçları detaylı bir şekilde incelenirken, sanayi ve tarım sektörlerinde su kaynaklarındaki azalmalara bağlı riskleri azaltmak amacıyla yenilikçi su yönetim politikalarının benimsenmesi, alternatif su kaynaklarının entegrasyonu ve su verimliliğini artırmaya yönelik teknolojilerin uygulanmasının gerekliliği vurgulanmıştır. Bu kapsamda, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşabilmek adına Türkiye'nin su yönetimi politikalarının iklim değişikliği etkileriyle uyumlu hale getirilmesi gerektiği ve hem bölgesel hem de sektörel düzeyde entegre bir yaklaşım benimsenmesinin kritik olduğu ortaya konmuştur.

BASIN-BASED ASSESSMENT OF INDUSTRIAL SECTORS POTENTIALLY AFFECTED BY FUTURE DROUGHT

Keywords

*Drought,
Innovative Technologies,
Sustainable Development,
Water Efficiency,
Water-Intensive Sectors.*

Abstract

Climate change, rising temperatures, and shifting precipitation patterns are making the sustainable management of water resources increasingly challenging. This issue, which poses significant economic and environmental risks for water-dependent sectors, necessitates assessing future water availability in Turkey's hydrological basins and developing adaptive strategies. Based on the Drought Action Plans of the Ministry of Agriculture and Forestry's Water Management General Directorate and the RCP 4.5 scenario, this study examines projected changes in water potential by 2050. Notable reductions are expected in the Northern Aegean (60%), Konya (56%), Seyhan (49%), Sakarya (49%), Akarçay (43%), and Western Black Sea (40%) basins, which may have substantial implications for agriculture, energy, and textile industries. A comprehensive evaluation of current and future water potential alongside sectoral water demands underscores the need for innovative water management policies, the integration of alternative water sources, and the implementation of water-saving technologies to mitigate risks in industrial and agricultural sectors. In this context, aligning Turkey's water policies with climate change impacts and adopting an integrated approach at both regional and sectoral levels are crucial for achieving sustainable development goals.

Alıntı / Cite

Kır, A. ve Kitiş, M. (2025). Gelecekte Kuraklık Sonucu Etkilenebilecek Endüstriyel Sektörlerin Havza Bazlı Değerlendirilmesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 13(2), 454-465.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

A. Kır, 0000-0002-3304-0047
M. Kitiş, 0000-0002-6836-3129

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	23.01.2025
Revizyon Tarihi / Revision Date	15.04.2025
Kabul Tarihi / Accepted Date	26.04.2025
Yayın Tarihi / Published Date	27.06.2025

* İlgili yazar: alperenkr07@gmail.com, +90-554-940-4245

BASIN-BASED ASSESSMENT OF INDUSTRIAL SECTORS POTENTIALLY AFFECTED BY FUTURE DROUGHT

Alperen KIR^{1†}, Mehmet KİTİŞ²,

Süleyman Demirel University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Environmental Engineering, Isparta, Turkey

Süleyman Demirel University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Environmental Engineering, Isparta, Turkey

Highlights

- Evaluation of Future Water Potential in Turkey's Hydrological Basins Under Climate Change Scenarios
- Importance of Adopting Innovative Water Management Policies and Integrating Alternative Water Sources
- Sustainable Water Management for Environmental and Economic Benefits
- Impact of Declining Water Resources on Water-Intensive Industrial Sectors

Purpose and Scope

This research aims to evaluate the future water potential of Turkey's hydrological basins under climate change and assess the risks for water-intensive industrial sectors. It focuses on projected water losses by 2050 based on the RCP 4.5 scenario and proposes strategies for sustainable water management.

Design/methodology/approach

This study analyzes the projected water potential of Turkey's hydrological basins under the RCP 4.5 scenario, utilizing the Drought Action Plans of the Ministry of Agriculture and Forestry's Water Management General Directorate. Future water availability trends are assessed to identify potential risks for water-intensive industrial sectors. To address these risks, innovative water management strategies and efficiency-enhancing technologies are explored, emphasizing sustainable adaptation to climate change.

Research Limitations/Implications

This study is limited by the resolution and accuracy of climate and hydrological data, particularly in projecting future water availability under the RCP 4.5 scenario. It relies on model-based estimates rather than real-world observations, and the proposed water management strategies have not been field-validated. Additionally, sectoral risks are assessed unevenly, affecting the generalizability of findings. Future research should incorporate higher-resolution climate projections, empirical validation, and broader sectoral assessments to enhance applicability.

Findings

In the course of this work, it was found that Turkey's hydrological basins are projected to experience significant reductions in water availability by 2050 under the RCP 4.5 scenario. Specifically, the Northern Aegean Basin is expected to face a 60% reduction, the Konya Basin a 56% reduction, and the Seyhan Basin a 49% reduction in water potential. These findings highlight the critical need for adaptive water management strategies to mitigate the risks associated with declining water resources.

Originality

This paper provides a basin-based assessment of future water availability under climate change, highlighting its impact on water-intensive industrial sectors. Unlike general water scarcity studies, it offers a sector-specific perspective by analyzing projected water losses and their implications. It also proposes strategic water management solutions to enhance climate resilience and sustainability at regional and sectoral levels.

[†] Corresponding author: alperenkir@sdu.edu.tr, +90-554-940-4245

1. Giriş (Introduction)

İklim değişikliği, çevresel, ekonomik ve toplumsal sistemlerde köklü değişimlere yol açarak doğal kaynaklara dayalı ekonomik faaliyetlerde ciddi zorluklar yaratmaktadır (IPCC, 2023). Su kaynaklarının azalması, sıcaklık artışları ve yağış rejimlerindeki belirsizlikler, endüstriyel sektörleri doğrudan etkileyerek üretim süreçlerinden enerji talebine kadar geniş bir yelpazede sorunlara neden olmaktadır (Rockström vd., 2009). Bu durum, sürdürülebilir üretim ve çevresel yönetim stratejilerinin geliştirilmesini zorunlu kılarken, küresel ekonomik büyüme hedeflerini tehdit etmektedir (Stern, 2007). Özellikle su yoğun sektörlerde faaliyet gösteren işletmeler, bu değişimlere karşı daha savunmasız hale gelmekte ve yenilikçi uyum stratejileri gerektirmektedir (Bozkurt vd., 2019; UN Water, 2020).

Türkiye, endüstriyel çeşitliliği ve stratejik konumuyla iklim değişikliğinin etkilerini yoğun bir şekilde hisseden ülkelerden biridir (Ertürk vd., 2018). Tarım, enerji ve içme suyu gibi sektörlerle su için yarışan endüstriyel sektörler, artan su kıtlığı ve belirsizliklerle karşı karşıyadır (Kibaroglu vd., 2021). Bu durum, üretim maliyetlerini artırmanın ötesinde, işletmelerin rekabet gücü ve sürdürülebilirliğini doğrudan etkilemektedir. Özellikle tekstil, gıda, enerji ve kimya gibi su yoğun sektörler, su kaynaklarındaki azalmadan en fazla etkilenen alanlar olarak öne çıkmaktadır (Hoekstra ve Mekonnen, 2012). Su kaynaklarının azalması, üretim süreçlerinde aksamalara neden olmakta ve ekonomik büyüme hedeflerini zorlaştırmaktadır (OECD, 2015; Kızılkaya ve Mike., 2023). Bu bağlamda, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) tarafından geliştirilen Kuraklık Eylem Planları ve Sektörel Su Tahsis Planları, Türkiye'deki su yönetimi stratejilerinin temel taşları olarak öne çıkmaktadır (SYGM, 2022). Kuraklık Eylem Planları, havza bazlı analizlere dayanarak mevcut ve gelecekteki su kaynaklı riskleri belirlemeyi ve su kaynaklarını etkin bir şekilde yönetmeyi hedeflerken; Sektörel Su Tahsis Planları, tarım, enerji, içme suyu ve endüstri gibi sektörlerin ihtiyaçlarını uzun vadeli bir perspektifle dengelemeyi amaçlamaktadır (SYGM, 2018). Bu iki plan, özellikle endüstriyel tesislerin su kıtlığı risklerine karşı dayanıklılığını artırmada ve üretim süreçlerinin sürdürülebilirliğini sağlamada kritik bir rol üstlenmektedir (SYGM, 2022).

Kuraklık Eylem Planları, Türkiye'nin hidrolojik havzalarındaki özgün su kaynakları ve sektörel ihtiyaçları dikkate alınarak hazırlanmaktadır (SYGM, 2022). Bu planlar, uzun dönem meteorolojik veriler, hidrolojik modelleme çalışmaları ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) analizleriyle desteklenmekte; IPCC'nin RCP 4.5 ve 8.5 senaryolarına dayalı projeksiyonlar doğrultusunda 2050 ve 2100 yıllarına yönelik su potansiyelindeki değişimler öngörülmektedir (IPCC, 2014; Gürkan vd., 2016). Havza bazlı analizlerde, mevcut ve gelecekteki su kaynaklarının taşıma kapasiteleri değerlendirilmiş, kritik su sıkıntısı riski taşıyan bölgeler tespit edilmiştir. Bu değerlendirmelerde, SWAT ve HEC-HMS gibi modelleme araçlarıyla gerçekleştirilen yağış-akış ilişkileri, buharlaşma oranları ve yüzey suyu miktarlarına dair analizlerin çıktıları kullanılmıştır. Ayrıca, CBS tabanlı haritalandırma çalışmalarıyla sıcaklık artışı ve değişen yağış rejimlerinin etkileri öngörülmüş ve bu öngörüler analiz sürecine entegre edilmiştir (USACE, 2017; SYGM, 2018). Bu çerçevede, kuraklık eylem planlarının etkinliğini artırmak amacıyla, iklim değişikliğine en fazla katkı sağlayan ve aynı zamanda bu değişimden en çok etkilenen sektörlerin su talepleri özelinde değerlendirilmesi kritik öneme sahiptir. Tarım sektörü küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %17'sinden sorumluyken; çimento (%8), demir-çelik (%7), kimya (%5) ve bina sektörü (%37) gibi alanlar da önemli emisyon kaynakları arasında yer almaktadır. Sanayi sektörünün su kullanım profili incelendiğinde ise, en yüksek tüketimin sırasıyla gıda ürünleri imalatı (%22), tekstil ürünleri imalatı (%18) ve kimyasallar ile kimyasal ürünlerin imalatı (%16) sektörlerinde gerçekleştiği görülmektedir (SYGM, 2023). Suya yüksek bağımlılığı olan bu sektörlerin, havza ölçeğinde yapılacak planlamalarda öncelikli olarak değerlendirilmesi, proaktif ve bütüncül su yönetimi yaklaşımlarının geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Bu doğrultuda, iklim değişikliğinin olası etkilerini azaltmaya yönelik geliştirilebilecek mühendislik çözümleri sırasıyla; Akıllı su izleme ve erken uyarı sistemleri (Chowdhury ve Al-Zahrani, 2015), Sektörel su verimliliği uygulamaları (UN-Water, 2020; OECD, 2012), Hidrolojik modelleme ve altyapı planlaması (Arnold vd., 1998; USACE, 2017) ve Karar destek sistemleri (Loucks ve van Beek, 2017) şeklinde sıralanabilir.

Bu çalışmada, Türkiye'nin endüstriyel sektörlerinin kuraklık koşullarına dayanıklılığını artırmak amacıyla, Kuraklık Eylem Planları ve Sektörel Su Tahsis Planları'nda yer alan sanayi su ihtiyaçları kapsamlı bir şekilde ele alınarak, bu planlar arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Riskli havzaların belirlenmesi, kaynakların etkin tahsisi ve uyum stratejilerinin geliştirilmesi bu çalışmanın temel odak noktaları arasında yer almakta olup, havzaların ekonomik değerleri ihracat ve üretim kapasitesi bağlamında analiz edilmiştir. Havza bazında mevcut su kaynaklarının kapasitesi ve potansiyel azalma oranları dikkate alınarak sektörlerin su tüketimleri önceliklendirilmiş, kuraklık riski yüksek havzalarda su tüketimi fazla olan sektörlerle yönelik uygulanabilecek politikalar önerilmiştir. Çalışma, bu analizler doğrultusunda karar vericilere ve politika yapıcılara, su kaynaklarının verimli kullanımını sağlayacak, sektörler arası dengeyi gözetken stratejiler geliştirilmesi için rehberlik etmeyi amaçlamaktadır.

2. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

Bu çalışmada, SYGM tarafından geliştirilen Kuraklık Eylem Planları ve Sektörel Su Tahsis Planları temel alınarak, Türkiye genelinde 19 hidrolojik havzanın mevcut ve gelecekteki su potansiyelleri analiz edilmiştir. Bu analizlerde, IPCC'nin RCP 4.5 ve RCP 8.5 iklim senaryoları uygulanmış; ancak yalnızca RCP 4.5 senaryosu bu çalışmanın ana odak noktası olarak seçilmiştir. RCP 4.5 senaryosu, sera gazı emisyonlarının azaltılması için uygulanabilecek önlemleri yansıtarak, uzun vadeli iklim değişikliği projeksiyonlarında daha dengeli ve uygulanabilir bir çerçeve sunmaktadır. Daha yüksek emisyon senaryosu olan RCP 8.5 ise daha ekstrem bir durum olarak değerlendirildiğinden, RCP 4.5 senaryosu, politika yapımcıların tercih ettiği ve gerçekçi çözümlere odaklanan bir yaklaşım olarak ele alınmıştır. RCP 4.5 senaryosuna göre yapılan analizlerde, havzalardaki olası su potansiyeli azalmaları hesaplanmıştır (Gharib vd., 2023; Kır vd., 2024).

2.1. Su Potansiyeli Azalma Oranının Hesaplanması (Calculation of Water Potential Reduction Rate)

Bu hesaplamalar, Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) tarafından sağlanan mevcut ve tahmini su potansiyeli değerlerine dayanılarak gerçekleştirilmiştir. Su potansiyelindeki azalma oranları, her bir havza için 2050 yılına kadar öngörülen değişimleri kapsamakta ve iklim değişikliği senaryoları çerçevesinde değerlendirilmiştir. Hesaplama sürecinde, mevcut su potansiyeli ile tahmini su potansiyeli değerleri arasındaki fark dikkate alınarak, azalma oranı aşağıdaki Denklem 1 ile belirlenmiştir (Kır vd., 2024).

$$\text{Azalma Oranı (\%)} = \frac{\text{Mevcut Su Potnsiyeli} - \text{2050 Yılı Tahmini Su Potansiyeli}}{\text{Mevcut Su Potansiyeli}} \times 100 \quad (1)$$

- **Azalma Oranı (%):** Havzalardaki su potansiyelindeki azalmayı yüzdesel olarak ifade eder.
- **Mevcut Su Potansiyeli:** SYGM tarafından belirlenen ve havzanın şu anki su kaynaklarını temsil eden değerdir.
- **2050 Yılı Tahmini Su Potansiyeli:** RCP 4.5 senaryosu kullanılarak 2050 yılı için öngörülen su potansiyelidir.

Elde edilen yüzdesel azalma oranları, en riskli havzaların belirlenmesine ve daha az risk taşıyan havzalarla karşılaştırılmasına olanak sağlamıştır. Özellikle su kaynaklarının sınırlı olduğu bölgelerde, sanayi sektörünün artan su talebinin mevcut kaynaklarla nasıl karşılanabileceği ve bu havzalara verilmesi gereken detaylı önem kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır.

2.2. Havzadaki Sanayi Sektör Yoğunluğunun Belirlenmesi (Determination of Industrial Sector Density in the Basin)

Sanayi sektörünün mevcut ve gelecekteki su taleplerini değerlendirmek amacıyla WEAP (Water Evaluation and Planning System) modeli kullanılmıştır (Sieber, J. 2006). Modelleme sürecinde, iklim değişikliği kaynaklı sıcaklık artışları, yağış rejimlerindeki değişimler ve kuraklık riski gibi faktörler dikkate alınmıştır. 2029, 2034 ve 2040 yıllarına ait şiddetli, hafif ve çok şiddetli kuraklık senaryoları incelenmiş; bu senaryolar çerçevesinde su yoğun sektörlerdeki talep artışları ve potansiyel su azalma oranları değerlendirilmiştir. Havzalar arasındaki sektörel dağılımlar, her bir sektördeki tesis sayısının toplam tesis sayısına oranlanmasıyla yüzdesel olarak hesaplanmıştır. Bu yaklaşım, sanayi sektörünün havza bazındaki yoğunluğunu analiz etmek ve sektörel su taleplerinin etkilerini değerlendirmek için temel bir araç olarak kullanılmıştır. Tüm hesaplamalar Denklem 2 temel alınarak gerçekleştirilmiştir.

$$\text{Sanayi Sektörü Yüzdesi (\%)} = \frac{\text{Her Bir Sektördeki Tesis Sayısı}}{\text{Toplam Tesis Sayısı}} \times 100 \quad (2)$$

- **Sanayi Sektörü Yüzdesi (%):** Belirli bir havzada, her bir sektöre ait tesislerin toplam tesis sayısına oranını yüzdesel olarak ifade eder. Bu oran, sektörel yoğunluğu anlamak için önemli bir göstergedir.
- **Her Bir Sektördeki Tesis Sayısı:** Analiz edilen havzada, ilgili sektörde faaliyet gösteren tesislerin toplam sayısını ifade eder.
- **Toplam Tesis Sayısı:** Havzadaki tüm sektörlerde faaliyet gösteren tesislerin toplam sayısını temsil eder.

Bu yüzdesel dağılımlar, sektörel önceliklerin belirlenmesine rehberlik etmiş ve özellikle su kaynaklarının sınırlı olduğu havzalarda stratejik planlamanın önemini vurgulamıştır. Kritik bölgelerde yapılan bu analizler, su yönetim stratejilerinin çevresel ve sektörel sürdürülebilirliği destekleyecek şekilde geliştirilmesine katkı sağlamıştır.

2.3. Havzaların Ekonomik Katkısının Belirlenmesi (Determination of the Economic Contribution of Basins)

Havzaların ekonomik katkıları, sanayi sektörlerinin toplam ekonomik çıktıları, sektörel üretim kapasiteleri, istihdam oranları ve bölgesel ekonomik göstergeler dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (STB), OECD ve Dünya Bankası gibi ulusal ve uluslararası kuruluşlardan elde edilen verilere dayanmaktadır (TÜİK, 2023; STB, 2022; OECD, 2023; World Bank, 2023). Ayrıca, bölgesel kalkınma ajanslarının yayınladığı raporlar ve sektörel analizler, ekonomik göstergelerin daha doğru ve kapsamlı bir şekilde belirlenmesine katkı sağlamıştır (BKA, 2023). Ekonomik katkının hesaplanmasında kullanılan metodoloji, havzalardaki sanayi tesislerinin yüzdesel dağılımını ve sektörel katma değer oranlarını temel almaktadır. Bu yaklaşım, sektörel temsil ile çarpan temelli ekonomik değerlendirme yöntemlerine dayanmaktadır (OECD, 2006; UNIDO, 2011; TÜİK, 2021) ve Denklem 3'te detaylandırılmaktadır.

$$EK = \sum_{i=1}^n (SC_i \times SKO_i) \quad (3)$$

Burada:

- **EK:** Havzanın toplam ekonomik katkısı (TL),
- **SC:** İlgili sektördeki tesis sayısının oranı (%),
- **SKO:** Sektörün katma değer oranı (TL/tesisın ekonomik etkisi),
- **n:** Havzadaki toplam sektör sayısıdır.

Bu yöntem, havzaların ekonomik önemini nesnel bir şekilde değerlendirmeyi ve sürdürülebilir kalkınma politikalarına rehberlik etmeyi amaçlamaktadır. Ancak, ekonomik katkı hesaplamalarının, havzalar arasındaki karşılıklı etkileşimleri tam olarak kapsamaması, daha geniş kapsamlı analizlere ihtiyaç duyulabileceğini göstermektedir.

3. Araştırma Bulguları (Research Findings)

3.1. Havzalarda Su Potansiyeli Değişimi, Sanayi Dağılımı ve Ekonomik Katkısı (Water Potential Change, Industrial Distribution, and Economic Contribution in Basins)

Türkiye'nin farklı nehir havzaları, iklim değişikliğinin etkileri altında su kaynakları ve ekonomik potansiyelleri açısından önemli bir dönüşüm yaşamaktadır. Tablo 1'de, Türkiye'nin farklı nehir havzalarına yönelik 2050 yılı için öngörülen su potansiyeli azalma oranları, mevcut sanayi sektörlerinin yüzdesel dağılımı ve havzaların ekonomik katkıları birlikte değerlendirilmekte olup, ilgili veriler bu makale kapsamında hesaplanmıştır. Tabloda yer alan veriler, havzaların hem iklim değişikliği etkisi altındaki kırılganlıklarını hem de ekonomik açıdan sahip oldukları önemi net bir şekilde ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, her bir havza için beklenen su azalma oranı, ilgili bölgedeki sanayi faaliyetlerinin sektörel çeşitliliği ve ekonomiye sağladığı katkı dikkate alınarak analiz edilmiştir.

Bu analizler, özellikle su kaynaklarının azalması ile ekonomik ve çevresel etkilerinin belirlenmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır (Wang vd.,2023). Örneğin, Kuzey Ege Havzası, su potansiyelinin %60 oranında azalmasının beklediği en kırılgan bölgelerden biri olarak öne çıkmaktadır (SYGM, 2022). Bu durum, havzanın mevcut su kaynaklarının, sanayi sektörleri ve diğer kullanım alanlarındaki talebi karşılamakta zorlanabileceğini göstermektedir. Benzer şekilde, Konya Havzası ve Seyhan Havzası gibi yüksek ekonomik katkıya sahip havzalarda da su azalma oranlarının ciddi düzeylere ulaşması beklenmektedir. Bu veriler, havza bazlı su yönetimi politikalarının geliştirilmesinin önemini vurgulamaktadır. Havzalara ilişkin yapılan analizlerin sonuçları Tablo 1'de detaylı bir şekilde sunulmaktadır.

Havzalara yönelik detaylı analizler, Sektörel Su Tahsis Planları ve Kuraklık Eylem Planı gibi mevcut planlama dokümanlarının entegre bir şekilde değerlendirilmesiyle gerçekleştirilmiştir (SYGM, 2018; SYGM, 2022). Tablodan elde edilen bilgilere göre, Seyhan Havzası'ndaki tekstil sektörünün yüksek oranı (%41), su kaynaklarının azalmasının bu sektöre olan etkisini daha önemli hale getirmektedir. Aynı şekilde, Sakarya Havzası'nda ağır sanayinin (%37) baskınlığı, bu sektörün su kıtlığı koşullarında karşılaşılabileceği zorluklara işaret etmektedir. Tablodaki havzalardan sadece Kızılırmak havzasında potansiyel azalma oranı eksi (-) değer çıkması, havzanın 2050 yılı ve sonrasında potansiyel su miktarında azalma olmayacağı ve bu sayede havzadaki endüstriyel faaliyetlerin olumsuz etkilenmeyeceği anlaşılmaktadır.

Sonuç olarak, Tablo 1'de sunulan veriler, havzaların ekonomik ve çevresel kırılganlıklarının sistematik bir şekilde ele alınmasını sağlamaktadır. Gelecekte su kaynakları üzerindeki baskının havzalar arasındaki dengesizlikleri nasıl etkileyebileceği ve mevcut yatırımların sürdürülebilirliğine yönelik risklerin nasıl minimize edilebileceği konusunda önemli bilgiler sunmaktadır. Bu bulgular, havza bazlı yönetim politikalarının ve bölgesel kalkınma stratejilerinin geliştirilmesinde rehber niteliğindedir. Ayrıca, Tablo 1'de yer alan veriler doğrultusunda, riskli havza gruplarındaki sektörel dağılımlar Şekil 1, 2, 3, 4, 5 ve 6'da sunulan pasta grafikler aracılığıyla

detaylandırılmıştır.

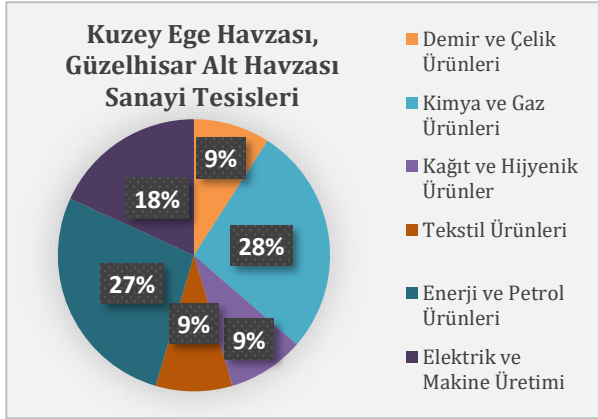
Tablo 1. Havzaların Su Azalma Oranları, Sanayi Dağılımı ve Ekonomik Katkıları

Havza Adı	2050 Yılı Potansiyel Su Azalma Oranı (%)	Mevcut Sanayi Sektörlerinin Dağılımı (% Tesis Sayısı)	Havzanın Ekonomik Katkısı
Kuzey Ege Havzası	60	❖ Gıda ve Tüketim Ürünleri: 18 ❖ Enerji ve Petrokimya: 55 ❖ Ağır Sanayi: 27	251 milyar TL
Konya Havzası	56	❖ Enerji ve Petrokimya: 60 ❖ Gıda ve Tüketim Ürünleri: 40	257,5 milyar TL
Seyhan Havzası	49	❖ Gıda Ürünleri: 25 ❖ Tekstil: 41 ❖ Ağır Sanayi: 16 ❖ Kimya ve İlaç: 11 ❖ Diğer: 7	175 milyar TL
Sakarya Havzası	49	❖ Gıda ve Tüketim Ürünleri: 18 ❖ Enerji ve Petrokimya: 27 ❖ Ağır Sanayi: 37 ❖ Teknoloji: 18	220 milyar TL
Akarçay Havzası	43	❖ Gıda ve Tüketim Ürünleri: 57 ❖ Ağır Sanayi: 43	82 milyar TL
Batı Karadeniz Havzası	40	❖ Gıda Ürünleri: 40 ❖ Petrokimya: 10 ❖ Tekstil: 10 ❖ İnşaat: 40	100 milyar TL
Doğu Akdeniz Havzası	36	❖ Gıda ve Tüketim Ürünleri: 50 ❖ Ağır Sanayi: 33 ❖ Enerji ve Petrokimya: 16	128 milyar TL
Van Gölü Havzası	33	❖ Gıda ve Tüketim Ürünleri: 69 ❖ Enerji ve Petrokimya: 28 ❖ Ağır Sanayi: 3	57milyar TL
Antalya Havzası	32	❖ Gıda Ürünleri: 68 ❖ Tekstil: 16 ❖ Ağır Sanayi: 16	193 milyar TL
Susurluk Havzası	32	❖ Gıda Ürünleri: 22 ❖ Tekstil: 27 ❖ Petrokimya: 26 ❖ Ağır Sanayi: 24	135 milyar TL
Gediz Havzası	32	❖ Gıda Ürünleri: 56 ❖ Petrokimya: 11 ❖ Teknoloji: 11 ❖ Ağır Sanayi: 22	168 milyar TL
Küçük Menderes Havzası	29	❖ Petrokimya: 37 ❖ Basım ve Kağıt: 25 ❖ Ağır Sanayi: 37	99 milyar TL
Batı Akdeniz Havzası	23	❖ Petrokimya: 25 ❖ Gıda Ürünleri: 24 ❖ Maden ve İnşaat: 37 ❖ Ağır Sanayi: 13	120 milyar TL
Ceyhan Havzası	24	❖ Tekstil ve Moda Sanayi:88 ❖ Kağıt ve Karton Ürünler:13	152 milyar TL
Yeşilirmak Havzası	24	❖ Gıda Ürünleri: 38 ❖ Ahşap ve Orman: 19 ❖ Tekstil:10	130 milyar TL
Doğu Karadeniz Havzası	22	❖ Gıda Ürünleri: 60 ❖ Maden ve İnşaat: 20 ❖ Ağır Sanayi: 20	100 milyar TL
Büyük Menderes Havzası	20	❖ Tekstil ve Moda Sanayi:88 ❖ Giyim ve Tekstil Aksesuarları:13	127 milyar TL
Kızılırmak Havzası	-17%	❖ Madencilik ve Metal Üretimi:29 ❖ Gıda ve Tüketim Ürünleri: 29 ❖ Tekstil ve Giyim: 11 ❖ Enerji ve İklimlendirme: 11 ❖ Makine ve Ulaşım: 17	145 milyar TL

Bu sektörel dağılımlar, havza bazlı analizler sonucunda yüzdesel olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında, kuraklık riski taşıyan havzalardaki alt havzalarda, kuraklıktan en çok etkilenebilecek sanayi sektörünün sektörel yoğunlukları değerlendirilmiştir. Bu analiz, su kaynakları üzerindeki sektörel baskıyı anlamak ve kaynakların

sürdürülebilir yönetimi için öncelikli olarak ele alınması gereken sektörleri belirlemek açısından büyük önem taşımaktadır.

3.1.1. Kuzey Ege Havzası, Güzelhisar Alt Havzası: Su Potansiyeli Değişimi, Sanayi Dağılımı ve Ekonomik Katkısı (North Aegean Basin, Güzelhisar Sub-Basin: Changes in Water Potential, Industrial Distribution, and Economic Contribution)

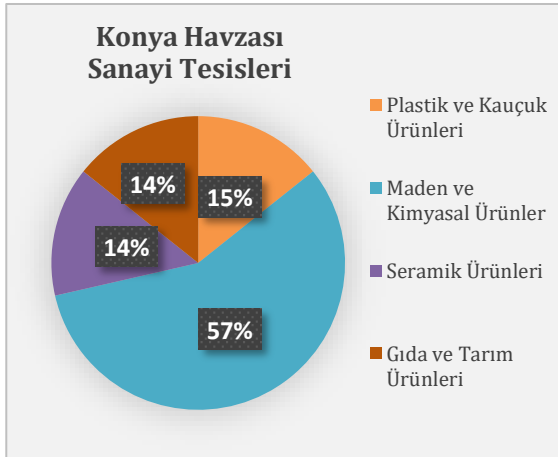


Şekil 1. Kuzey Ege Havzası, Güzelhisar Alt Havzasındaki Sanayi Tesislerinin Sektörel Dağılımı (Sectoral Distribution of Industrial Facilities in the Güzelhisar Sub-Basin, North

Kuzey Ege Havzası, SYGM tarafından yayınlanan Kuraklık Eylem Planları kapsamında, su potansiyelinde en fazla azalma riski taşıyan havzalardan biri olarak belirlenmiştir. Türkiye'nin tarım, sanayi, enerji ve turizm sektörleri açısından stratejik bir öneme sahip olan havzanın yıllık ekonomik katkısı yaklaşık 251 milyar TL olarak hesaplanmıştır (KTB, 2023). Bu katkının büyük bir kısmı tarım ve sanayi sektörlerinden sağlanmaktadır. 2050 yılı itibarıyla havzanın su potansiyelinde %60 oranında bir azalma beklenmektedir. Güzelhisar Alt Havzası, havzada sanayi tesislerinin yoğun olarak faaliyet gösterdiği bir bölgedir. Sanayi sektörü dağılımında, enerji ve petrokimya sektörü %55 ile en yüksek paya sahiptir. Bunu, %27 ile ağır sanayi ve %18 ile gıda ve tüketim ürünleri sektörü takip etmektedir. Enerji ve petrokimya sektörü, bölgedeki su kaynaklarının en büyük tüketicilerindendir ve bu durum, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını sağlayacak politikaların geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Havzanın ekonomik faaliyetleri ve su

kaynakları üzerindeki artan baskı, bölgesel kalkınma stratejilerinin sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda planlanmasını ve uygulanmasını zorunlu hale getirmektedir. Su kaynaklarının azalmasıyla birlikte, ekonomik dengelerin korunması ve havzanın uzun vadeli sürdürülebilirliğinin sağlanması için entegre su yönetimi politikalarına öncelik verilmelidir.

3.1.2. Konya Havzası: Su Potansiyeli Değişimi, Sanayi Dağılımı ve Ekonomik Katkısı (Konya Basin: Changes in Water Potential, Industrial Distribution, and Economic Contribution)

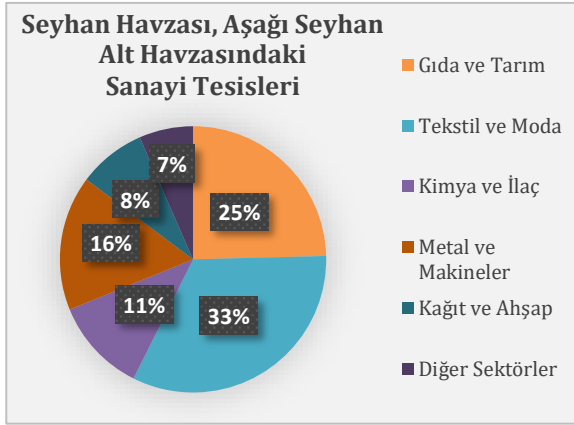


Şekil 2. Konya Havzasındaki Sanayi Tesislerinin Sektörel Dağılımı (Sectoral Distribution of Industrial Facilities in the Konya Basin)

Konya Havzası, Türkiye'nin tarım, sanayi ve enerji sektörlerindeki stratejik önemi ile öne çıkan bir bölgedir. Alt havza bazında sanayi yoğunluğu verilerine ulaşamadığı için analizler, havzanın genel durumu üzerinden gerçekleştirilmiştir. Havzanın yıllık toplam ekonomik katkısı yaklaşık 257,5 milyar TL olarak hesaplanmıştır ve bu katkının büyük bir bölümü tarımsal üretim ve sanayi sektörlerinden kaynaklanmaktadır. Geniş tarım alanları, güçlü sanayi altyapısı ve yenilenebilir enerji potansiyeli, havzanın ekonomik faaliyetlerinde belirleyici unsurlar arasında yer almaktadır. Havzada, 2050 yılı itibarıyla su potansiyelinde %56 oranında bir azalma beklenmekte olup, bu durum Kuzey Ege Havzası'ndan sonra en yüksek azalma oranıdır. Sanayi sektörü dağılımında enerji ve petrokimya sektörü %60 ile en yüksek paya sahiptir. Bunu, %40 ile gıda ve tüketim ürünleri sektörü takip etmektedir. Enerji ve petrokimya sektöründeki su yoğun üretim süreçleri, havzadaki su kaynaklarının kullanımında önemli bir yere sahiptir. Tarım sektöründe ise su kaynaklarının verimli kullanımı, Türkiye'nin tarımsal üretim değerine önemli bir katkı sağlamaktadır. Ancak, su

kaynaklarındaki potansiyel azalma, bölgedeki ekonomik faaliyetlerin sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda yeniden ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Bu nedenle, tarım, sanayi ve enerji sektörlerinin su tüketimini azaltmaya yönelik politikaların geliştirilmesi, bölgenin ekonomik geleceği ve ulusal ekonomi için uzun vadeli faydalar sağlayacaktır.

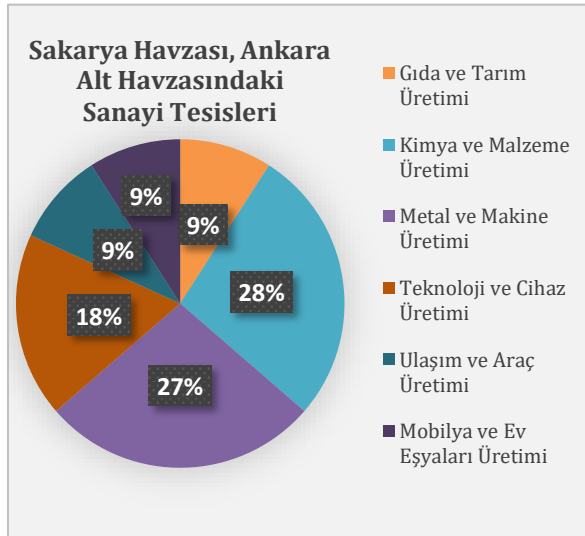
3.1.3. Seyhan Havzası, Aşağı Seyhan Alt Havzası: Su Potansiyeli Değişimi, Sanayi Dağılımı ve Ekonomik Katkısı (Seyhan Basin, Lower Seyhan Sub-Basin: Changes in Water Potential, Industrial Distribution, and Economic Contribution)



Şekil 3. Seyhan Havzası, Aşağı Seyhan Alt Havzasındaki Sanayi Tesislerinin Sektörel Dağılımı (Sectoral Distribution of Industrial Facilities in the Seyhan Basin, Lower Seyhan

havadaki ekonomik faaliyetlerin sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda yeniden ele alınması ve su yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi, bölgesel ve ulusal ekonomi açısından öncelikli bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir.

3.1.4. Sakarya Havzası, Ankara Alt Havzası: Su Potansiyeli Değişimi, Sanayi Dağılımı ve Ekonomik Katkısı (Sakarya Basin, Ankara Sub-Basin: Changes in Water Potential, Industrial Distribution, and Economic Contribution)



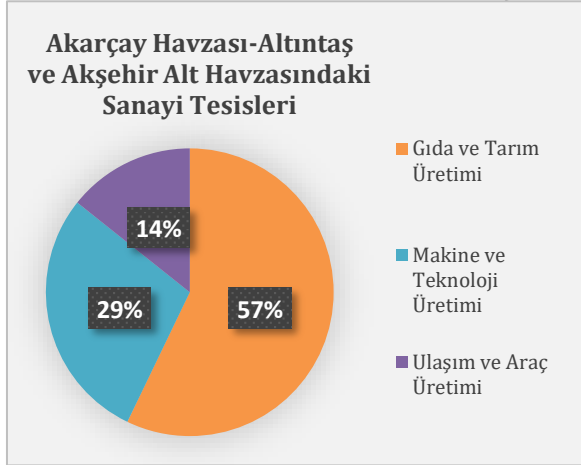
Şekil 4. Sakarya Havzası, Ankara Alt Havzasındaki Sanayi Tesislerinin Sektörel Dağılımı (Sectoral Distribution of Industrial Facilities in the Sakarya Basin, Ankara Sub-

Seyhan Havzası, Türkiye'nin tarım, sanayi ve enerji sektörlerinde stratejik bir öneme sahip havzalardan biridir. Havzanın yıllık ekonomik katkısı yaklaşık 175 milyar TL olarak hesaplanmış olup, bu katkının büyük bir kısmı tarım ve sanayi sektörlerinden sağlanmaktadır. 2050 yılı itibarıyla, havzanın su potansiyelinde %49 oranında bir azalma beklenmektedir. Havzanın Aşağı Seyhan Alt Havzası, sanayi faaliyetlerinin yoğun olduğu ve kuraklık endeksi kapsamında en fazla etkilenebilecek alanlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Sanayi sektörü dağılımında, tekstil sektörü %41 ile en yüksek paya sahiptir. Bunu, %25 ile gıda ürünleri, %16 ile ağır sanayi, %11 ile kimya ve ilaç sektörü, %7 ile diğer sektörler takip etmektedir. Tekstil ve gıda ürünleri sektörleri, havzanın ekonomik faaliyetlerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Bölgedeki hidroelektrik santralleri ve lojistik merkezleri gibi altyapılar, ekonomik sürdürülebilirliği desteklemektedir. Ancak, su kaynaklarındaki azalma, tarım ve sanayi faaliyetlerini tehdit eden kritik bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle,

Sakarya Havzası, SYGM tarafından Türkiye'nin stratejik öneme sahip havzalarından biri olarak belirlenmiştir. Tarım, sanayi, enerji ve lojistik sektörleri açısından kritik bir rol üstlenen havzanın, ülke ekonomisine yıllık katkısı yaklaşık 200-220 milyar TL düzeyindedir. Bu katkının büyük bir kısmı tarım, sanayi ve enerji sektörlerinden kaynaklanmaktadır. Ancak, 2050 yılı itibarıyla su potansiyelinde %49 oranında bir azalma beklenmesi, havzanın ekonomik sürdürülebilirliğini ciddi şekilde tehdit etmektedir. Havzanın Ankara Alt Havzası, kuraklıktan en fazla etkilenebilecek bölgelerden biri olarak öne çıkmaktadır. Bu alt havzadaki sanayi tesislerinde sektörel dağılım, ağır sanayi %37, enerji ve petrokimya %27, gıda ve tüketim ürünleri %18, teknoloji sektörü %18 şeklindedir. Özellikle enerji ve petrokimya sektörlerinin yüksek su tüketimi, havzanın su kaynakları üzerindeki baskıyı artırmaktadır. Bu durum, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için kapsamlı politikaların geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Sakarya Havzası, tarımsal üretim açısından da Türkiye'nin önde gelen bölgelerindendir. Bereketli toprakları ve uygun iklim koşulları sayesinde tahıllar, sebzeler ve meyve üretimi gibi geniş bir ürün yelpazesi sunmaktadır. Ayrıca, kara yolu ve demir yolu ağlarıyla havza, lojistik ve ticaret açısından

stratejik bir öneme sahiptir. Havzanın ekonomik faaliyetleri ve su kaynakları üzerindeki artan baskı, bölgesel kalkınma stratejilerinin sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda planlanmasını zorunlu kılmaktadır. Su kaynaklarındaki azalmanın yaratacağı ekonomik dengesizliklerin önlenmesi için entegre su yönetimi politikalarına öncelik verilmelidir. Sakarya Havzası'nın gelecekteki ekonomik katkısının sürdürülebilmesi, etkili sürdürülebilir kalkınma projelerinin uygulanmasına bağlıdır.

3.1.5. Akarçay Havzası, Altıntaş ve Akşehir Alt Havzası: Su Potansiyeli Değişimi, Sanayi Dağılımı ve Ekonomik Katkısı (Akarçay Basin, Altıntaş and Akşehir Sub-Basin: Changes in Water Potential, Industrial Distribution, and Economic Contribution)

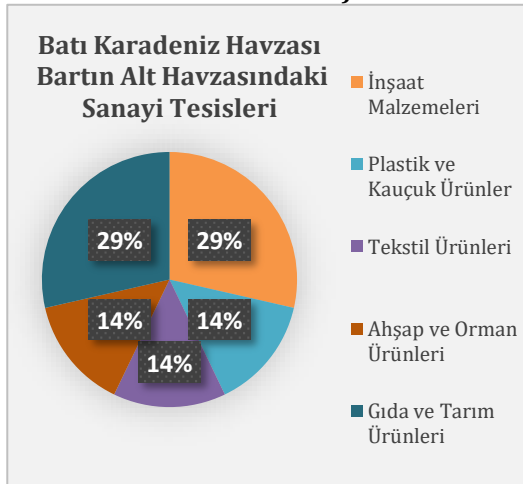


Şekil 5. Akarçay Havzası, Altıntaş ve Akşehir Alt Havzasındaki Sanayi Tesislerinin Sektörel Dağılımı (Sectoral Distribution of Industrial Facilities in the Akarçay Basin, Altıntaş and Akşehir Sub-Basin)

Akarçay Havzası, tarım, sanayi ve enerji sektörlerinde sağladığı ekonomik değerle Türkiye'nin stratejik öneme sahip havzalarından biridir. Havzanın Türkiye ekonomisine yıllık katkısı, yapılan tahminlere göre yaklaşık 80-90 milyar TL düzeyindedir. Bu katkının büyük bir bölümü tarımsal üretim, sanayi faaliyetleri ve enerji üretiminden kaynaklanmaktadır. Ancak, 2050 yılı itibarıyla su potansiyelinde %43 oranında bir azalma beklenmesi, havzanın ekonomik sürdürülebilirliğini ciddi şekilde tehdit etmektedir. Akarçay Havzası, tarım sektöründe öne çıkan bir bölgedir. Tahıl, yem bitkileri, sebze ve meyve üretimi gibi alanlarda önemli bir yere sahip olan havza, hayvancılık ve süt üretimiyle de bölgesel tarımsal ekonomiye büyük katkı sağlamaktadır. Bereketli topraklar ve sulama imkanları, tarımsal verimliliği artırarak havzanın ekonomik gücünü desteklemektedir. Ancak, su kaynaklarındaki öngörülen azalma, tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliği açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Sanayi sektörü, Altıntaş ve Akşehir alt havzalarında yoğunlaşmıştır. Modelleme sonuçlarına göre, bu alt havzalar kuraklıktan en fazla etkilenen bölgeler arasında yer almaktadır. Havzanın sanayi altyapısında önemli bir yer tutan gıda ve tüketim

ürünleri sektörü %57, ağır sanayi ise %43 oranında paya sahiptir. Gıda işleme, makine ve ekipman üretimi gibi sektörler, bölgedeki sanayi faaliyetlerinin temelini oluşturarak önemli bir istihdam kaynağı yaratmaktadır. Enerji üretimi, havzanın bir diğer kritik ekonomik kaynağıdır. Hidroelektrik ve yenilenebilir enerji projeleri, havzanın enerji üretiminde sürdürülebilirlik hedeflerini desteklemekte ve bölgesel ekonomiye katkı sağlamaktadır. Ancak, su kaynaklarının azalması, enerji üretiminde karşılaşılabilecek zorlukları artırabilir ve bu sektörün sürdürülebilirliğini tehlikeye atabilir. Sonuç olarak, Akarçay Havzası, tarımsal üretim kapasitesi, sanayi altyapısı ve enerji potansiyeliyle Türkiye'nin ekonomik kalkınmasında önemli bir yer tutmaktadır. Ancak, sınırlı su kaynaklarının verimli kullanılmasına yönelik politikaların geliştirilmesi ve mevcut kaynak yönetiminin optimize edilmesi, havzanın uzun vadeli sürdürülebilirliğini sağlamak için kritik bir gerekliliktir. Etkin kaynak yönetimi, Akarçay Havzası'nın ekonomik katkısını artırırken çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasını destekleyecektir.

3.1.6. Batı Karadeniz Havzası, Bartın Alt Havzası: Su Potansiyeli Değişimi, Sanayi Dağılımı ve Ekonomik Katkısı (Western Black Sea Basin, Bartın Sub-Basin: Changes in Water Potential, Industrial Distribution, and Economic Contribution)



Şekil 6. Batı Karadeniz Havzası, Bartın Alt Havzasındaki Sanayi Tesislerinin Sektörel Dağılımı (Sectoral Distribution of Industrial Facilities in the Western Black Sea Basin, Bartın Sub-Basin)

Batı Karadeniz Havzası, Türkiye'nin tarım, sanayi, enerji ve ormancılık sektörlerine yaptığı katkılarla ülkenin önemli ekonomik merkezlerinden biridir. Havzanın Türkiye ekonomisine yıllık katkısı yaklaşık 90-100 milyar TL olarak tahmin edilmektedir. Bu katkının büyük bir kısmı tarımsal üretim, sanayi faaliyetleri, enerji üretimi ve doğal kaynaklardan elde edilen ekonomik değerlerden kaynaklanmaktadır. Ancak, 2050 yılı itibarıyla su potansiyelinde %40 oranında bir azalma beklenmesi, havzanın ekonomik sürdürülebilirliği için önemli bir risk oluşturmaktadır. Havza, tarım sektöründe mısır, çeltik, tahıl, sebze ve meyve üretimi gibi alanlarda öne çıkmaktadır. Hayvancılık ve süt üretimiyle de bölgesel tarımsal ekonomiye önemli katkılar sağlayan Batı Karadeniz Havzası, verimli tarım arazileri ve gelişmiş sulama altyapısı sayesinde hem iç piyasaya hem de ihracata yönelik ekonomik potansiyelini artırmaktadır. Ancak, su kaynaklarındaki azalma, tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliği açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Ormancılık sektörü, Batı Karadeniz Havzası'nın ekonomik yapısında önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye'nin en büyük orman varlıklarına sahip olan havza, kereste, mobilya ve ahşap işleme sektörleriyle bölgesel istihdam ve ülke ekonomisine katkı

sağlamaktadır. Sanayi sektörü, Bartın Alt Havzası'nda yoğunlaşmıştır ve bu bölge kuraklıktan en fazla etkilenebilecek alanlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Sanayi sektörleri şu şekilde dağılmaktadır: İnşaat Malzemeleri (%29), Plastik ve Kauçuk Ürünler (%29), Tekstil Ürünleri (%14), Ahşap ve Orman Ürünleri (%14) ve Gıda ve Tarım Ürünleri (%14). Görselde de gösterildiği gibi en büyük payı inşaat malzemeleri ve plastik-kauçuk ürünleri sektörü almaktadır (%29). Gıda, tekstil ve ahşap-orman ürünleri ise %14'lük eşit oranlarla sanayi faaliyetlerinde yer almaktadır. Enerji üretimi, havzanın ekonomik katkısında sürdürülebilir kalkınmayı destekleyen bir bileşen olarak öne çıkmaktadır. Hidroelektrik santraller ve yenilenebilir enerji projeleri, bölgenin enerji ihtiyacını karşılamada önemli bir rol oynamaktadır. Sonuç olarak, Batı Karadeniz Havzası, Türkiye'nin tarım, ormancılık ve sanayi sektörlerinde stratejik bir öneme sahiptir. Su kaynaklarındaki azalmanın yaratabileceği ekonomik dengesizliklerin önlenmesi için etkin kaynak yönetimi politikalarının geliştirilmesi gerekmektedir.

4. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

2050 yılı itibarıyla Kuzey Ege, Konya ve Seyhan Havzaları, su potansiyelindeki azalma oranlarının sırasıyla %60, %56 ve %49 olarak öngörülmesiyle, Türkiye'nin kuraklıktan en fazla etkilenecek havzaları arasında yer almaktadır. Bu durum, havzalarda faaliyet gösteren gıda, enerji, tekstil ve ağır sanayi sektörleri üzerinde ciddi etkiler yaratma potansiyeline sahiptir. Söz konusu havzalardaki sanayi sektörlerinin toplam Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYH) katkısının yaklaşık 683 milyar TL olması, ekonomik sürdürülebilirliğin su kaynaklarındaki azalmaya doğrudan bağlı olduğunu açıkça göstermektedir. Buna karşın, 19 hidrolojik havzadan yalnızca Kızılırmak Havzası'nda su potansiyelinde artış beklenmekte olup, bu havzanın 2050 yılında ve sonrasında su potansiyelinde %17 oranında bir artış öngörülmektedir.

Kuzey Ege Havzası, yıllık 251 milyar TL'lik ekonomik katkısıyla tarım, sanayi ve enerji sektörleri açısından stratejik bir öneme sahiptir. Ancak, su potansiyelindeki %60'lık azalma, özellikle enerji ve petrokimya sektörlerinde ciddi sürdürülebilirlik sorunlarına yol açabilir. Güzelhisar Alt Havzası gibi sanayi faaliyetlerinin yoğun olduğu bölgelerde, su kaynakları üzerindeki baskının daha da artması beklenmektedir. Konya Havzası, Türkiye'nin tahıl üretim merkezi olarak tarım sektörü açısından kritik bir role sahiptir. Ancak, su kaynaklarındaki %56'lık azalma, tarımsal üretimde ciddi kayıplara yol açabilecek ve bu durum yalnızca bölgesel ekonomiyi değil, ülke genelindeki gıda güvenliğini de tehlikeye atacaktır. Ayrıca, enerji ve tekstil sektörlerinin yüksek su tüketimi, havzanın kuraklıktan doğrudan etkilenme riskini artırmaktadır. Seyhan Havzası ise yıllık 175 milyar TL'lik ekonomik katkısıyla Türkiye'nin en önemli tarımsal üretim ve sanayi merkezlerinden biridir. Ancak, su kaynaklarındaki %49 oranındaki azalma, pamuk, mısır ve turuncgil üretiminde düşüşlere neden olabilir. Enerji ve tekstil sektörlerinin suya olan yüksek bağımlılığı, bu sektörlerin kuraklıktan ciddi şekilde etkilenme potansiyelini artırmaktadır.

Bu bağlamda, 2050 yılına kadar su kaynaklarındaki azalmanın ekonomik faaliyetler üzerinde yaratacağı olumsuz etkileri en aza indirmek ve sürdürülebilirliği sağlamak adına kapsamlı bir strateji uygulanması gerekmektedir. Öncelikle, tarımsal sulamada verimliliği artıran teknolojilerin benimsenmesi, sanayi tesislerinde ileri arıtma ve su geri kazanım sistemlerinin yaygınlaştırılması ve enerji sektöründe su tüketimini azaltacak yenilikçi yöntemlerin teşvik edilmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra, alternatif su kaynaklarının değerlendirilmesi, yağmur suyu hasadı projelerinin artırılması, arıtılmış atık suların yeniden kullanılması ve yeraltı sularının sürdürülebilir yönetimi için gerekli altyapı yatırımlarının yapılması hayati önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, su kullanım verimliliğini artıracak politikaların uygulanması sürdürülebilir su yönetimi açısından kritik bir gerekliliktir. Sektörlere özgü su kullanım standartlarının oluşturulması, dijital izleme ve ölçüm sistemlerinin yaygınlaştırılması ve su tasarrufuna yönelik teşviklerin artırılması, hem çevresel hem de ekonomik sürdürülebilirliği destekleyecektir. Kuzey Ege, Konya, Seyhan ve Sakarya Havzaları gibi kuraklık riski yüksek bölgelerde mevcut su kaynaklarının daha fazla zorlanması sürdürülebilir olmadığı açıktır. Bu nedenle, su yönetimi ve iklim değişikliğine uyum stratejilerinin hem bölgesel hem de sektörel düzeyde entegre edilmesi, uzun vadeli kalkınma hedefleri için bir zorunluluktur.

Bu entegrasyon, suyun verimli kullanımını izlemek ve optimize etmek için dijitalleşme ve akıllı sistemlerin kullanımını da kapsamalıdır. Havzalarda su tüketimini, su kaynaklarının durumunu ve iklim değişkenlerini bütünsel bir şekilde izleyen dijital platformların geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu platformlar, tarım, sanayi ve enerji sektörlerinde su kullanımını gerçek zamanlı olarak izleyerek, havza bazlı karar alma süreçlerini destekleyebilir. Ayrıca, IoT destekli sensör ağları ve yapay zeka destekli tahmin modelleri, su seviyeleri, sıcaklık, yağış ve buharlaşma gibi parametreleri sürekli izleyerek gelecekteki su talebi ve kuraklık senaryolarını daha doğru bir şekilde öngörmeyi sağlayabilir. Tarımda akıllı sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması, sanayi tesislerinde su geri kazanım teknolojilerinin kullanılması ve enerji sektöründe su tüketimini azaltacak yöntemlerin teşvik edilmesi, bu çabaları destekleyecektir. Bu stratejilerin hayata geçirilmesi, yalnızca su kaynaklarının korunmasını değil, aynı zamanda havzalardaki ekonomik faaliyetlerin sürdürülebilirliğini de sağlayacaktır. Dijitalleşme ve akıllı sistemlerle desteklenen bir su yönetim politikası, su kaynaklarının verimli kullanımını garanti altına alarak

çevresel ve ekonomik hedeflere ulaşmayı mümkün kılacaktır.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar (References)

- Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S., & Williams, J.R. 1998. Large area hydrologic modeling and assessment part I: Model development. *Journal of the American Water Resources Association*, 34(1), 73–89.
- Bozkurt, D., Sen, O. L., Kurnaz, M. L., 2019. Climate Change Impacts in Turkey: Sectoral Analyses and Adaptation Strategies. *Regional Environmental Change*, 19(6), 1565–1577. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01535-x>
- Bölgesel Kalkınma Ajansları-BKA., 2023. Havza Bazlı Ekonomik Analiz Raporları. Türkiye Kalkınma Ajansları Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Chowdhury, S., Al-Zahrani, M. 2015. Implications of climate change on water resources in Saudi Arabia. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 40(2), 469–481.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü-DSİ, 2021. 2021 Yılı Faaliyet Raporu. Erişim Adresi: <https://strateji.dsi.gov.tr/Duyuru/Detay/891>
- Gharib A.A., Blumberg, J., Manning, D.T., Goemans, C., Arabi, M. 2023. Assessment of vulnerability to water shortage in semi-arid river basins: The value of demand reduction and storage capacity. *Science of the Total Environment*, 871, 161964. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161964>
- Gürkan, H., Arabaci, H., Demircan, M., Eskioğlu, O., Şensoy, S., Yazıcı, B., 2016. GFDL-ESM2M Modeli Temelinde RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryolarına Projeksiyonları Göre Türkiye için Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 14(2), 77–88. DOI: 10.1501/Cogbil_00000000174
- Ertürk, A., Ünal, D., Atış, E., 2018. Water Management Challenges in Turkey Under Climate Change Impacts. *Water Policy*, 20(1), 138–151. <https://doi.org/10.2166/wp.2018.134>
- Hoekstra, A. Y., Mekonnen, M. M., 2012. The Water Footprint of Humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(9), 3232–3237. <https://doi.org/10.1073/pnas.1109936109>
- Intergovernmental Panel on Climate Change-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 University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC, 2023. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Eds. A. P. vd.). IPCC <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>
- Kır, A., Ozturk, E., Yetis, U., Kitis, M. 2024. Resource utilization in the sub-sectors of the textile industry: opportunities for sustainability. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32768-2>
- Kızılkaya, O., Mike, F., 2023. İklim Değişikliğinin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi: Türkiye Üzerine Ampirik Bir Değerlendirme. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*(57), 403-411. <https://doi.org/10.30794/pausbed.1169890>
- Kibaroglu, A., Ertug, E., Avci, V., 2021. Transboundary Water Governance in the Euphrates-Tigris River Basin. *Water Resources Management*, 35(1), 245–258. <https://doi.org/10.1007/s11269-020-02726-3>
- Kültür ve Turizm Bakanlığı-KTB, 2023. Bölgesel Turizm İstatistikleri ve Gelir Raporları. Erişim Adresi. <https://www.ktb.gov.tr>
- Loucks, D.P., van Beek, E. 2017. *Water Resource Systems Planning and Management: An Introduction to Methods, Models and Applications*. Springer. <https://doi.org/978-3-319-44234-1>
- OECD, 2006. Input-Output Analysis in the Context of Environmental Accounting. OECD Statistics Working Paper.
- OECD, 2012. *Water Quality and Agriculture: Meeting the Policy Challenge*. OECD Studies on Water.
- OECD, 2015. *Water Resources Allocation: Sharing Risks and Opportunities*. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- OECD, 2023. *Regional economic indicators and industrial value-added analysis*. Paris: OECD Publishing. Erişim Adresi: <https://www.oecd.org>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F. S., Lambin, E., Foley, J. A. 2009. A Safe Operating Space for Humanity. *Nature*, 461(7263), 472–475. <https://doi.org/10.1038/461472a>
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı-STB, 2023. Kuzey Ege Bölgesindeki Organize Sanayi Bölgeleri ve Sanayi Tesisleri Üzerine Raporlar. Erişim Adresi: <https://www.sanayi.gov.tr>
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı-STB, 2023. Kalkınma Ajansları Bölgesel Ekonomik Analiz Raporları. Erişim Adresi: <https://www.sanayi.gov.tr>
- Sieber, J. 2006. WEAP Water Evaluation and Planning System. International Congress on Environmental Modelling and Software. 3rd International Congress on Environmental Modelling and Software - Burlington, Vermont, USA.
- Stern, N., 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press.
- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü-SYGM, 2018. Sektörel Su Tahsis Planları. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü-SYGM, 2022. Kuraklık Yönetim Planları. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü-SYGM, 2023. Su Verimliliği Rehber Dokümanları Serisi. Ankara.
- Turan, E., Bayrakdar E., 2022. Türkiye'nin Su Yönetim Politikaları: Ulusal Güvenlik Açısından Bir Değerlendirme. *Uluslararası Politik Araştırmalar Dergisi*, 6 (2), 1-19. DOI: 10.25272/j.2149-8539.2020.6.2.01
- Türkiye İstatistik Kurumu-TÜİK, 2021. Sanayi ve Hizmet Sektörlerinde Katma Değer İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu. Erişim Adresi: <https://www.tuik.gov.tr>

- Türkiye İstatistik Kurumu-TÜİK, 2023. Tarımsal Üretim ve Gayrisafi Yurtiçi Hasıla (GSYH) İstatistikleri. Erişim Adresi: <https://www.tuik.gov.tr>
- Türkiye İstatistik Kurumu-TÜİK, 2023. Bölgesel ve Sektörel Ekonomik Göstergeler Raporları. Erişim Adresi: <https://www.tuik.gov.tr>
- U.S. Army Corps of Engineers-USACE, 2017. Hydrologic Modeling System HEC-HMS: User's Manual. Hydrologic Engineering Center. Retrieved from <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/display/CWEYR/HEC-HMS>
- UN Water. 2020. The United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change. UNESCO World Water Assessment Programme. Erişim Adresi: <https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2020>
- UNIDO, 2011. Industrial Value Chain Diagnostics. United Nations Industrial Development Organization.
- Wang, L., Li, W., Zheng, Y., Zhang, X., Yuan, F., & Wu, X. 2023. Water Deficit Caused by Land Use Changes and Its Implications on the Ecological Protection of the Endorheic Dalinor Lake Watershed in Inner Mongolia, China. *Water*, 15(16), 2882. <https://doi.org/10.3390/w15162882>
- World Bank, 2023. The Relationship Between Water Management and Economic Contribution: A Regional Analysis. Washington, DC: World Bank. Retrieved from <https://www.worldbank.org>