

İklim Değişikliğinin Seyhan Havzası Su Kaynakları Üzerindeki Olası Risklerinin Meteorolojik Verilere Dayalı Olarak Değerlendirilmesi

Serpil SİNAN^{1,a}, Mesut BAŞIBÜYÜK^{1,b}

¹Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye

^aORCID: 0009-0002-4055-7877; ^bORCID: 0000-0001-9527-903X

Makale Bilgileri

Geliş : 24.02.2025

Kabul : 04.03.2025

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1645958

Sorumlu Yazar

Mesut BAŞIBÜYÜK

basibuyuk@cu.edu.tr

Anahtar Kelimeler

Risk analizi

AHP

CBS

Seyhan havzası

Su kaynakları

Atıf şekli: SİNAN, S., BAŞIBÜYÜK, M., (2025). İklim Değişikliğinin Seyhan Havzası Su Kaynakları Üzerindeki Olası Risklerinin Meteorolojik Verilere Dayalı Olarak Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 40(4), 803-817.

ÖZ

Bu çalışmada, risk unsurlarının belirlenmesi için Coğrafi Bilgi Sistemleri [CBS] tabanlı Çok Kriterli Karar Verme [ÇKKV] yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi [AHP] yöntemi kullanılarak risk unsurlarının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Çalışma sonucunda, ana risk unsurları için yapılan AHP analizinde öncelik ağırlıkları sıralaması, %55,79 ile meteorolojik kuraklık, %26,33 ile şiddetli yağış, %12,19 ile sıcak hava dalgası, %5,69 ile topografya olarak bulunmuştur. Havzanın %11,7'sini kapsayan güney ve kıyı kesimlerinde çok yüksek meteorolojik kuraklık riski, %8,5'ini kapsayan orta kesimlerinde yüksek şiddetli yağış riski, %1,3'ini kapsayan güney ve kıyı kesimlerinde çok yüksek sıcak hava dalgası riski, %0,8'ini kapsayan güney orta kesimlerinde yüksek derecede topografya etkisi tespit edilmiştir. Elde edilen risk haritaları değerlendirildiğinde, havzada, en riskli alanların, meteorolojik kuraklık için Karataş, Seyhan, Yüreğir, Sarıçam ve Çukurova ilçelerinde, şiddetli yağış için Feke ve Aladağ ilçelerinde, sıcak hava dalgası için Karataş ilçesinin batı bölümünde bulunduğu, topografya yönünden en çok etkilenen alanın Çukurova ilçesinde bulunduğu belirlenmiştir.

Assessment of Possible Risks of Climate Change on Seyhan Basin Water Resources Based on Meteorological Data

Article Info

Received : 24.02.2025

Accepted : 04.03.2025

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1645958

Corresponding Author

Mesut BAŞIBÜYÜK

basibuyuk@cu.edu.tr

Keywords

Risk analysis

AHP

GIS

Seyhan basin

Water resources

How to cite: SİNAN, S., BAŞIBÜYÜK, M., (2025). Assessment of Possible Risks of Climate Change on Seyhan Basin Water Resources Based on Meteorological Data. Çukurova University, Journal of the Faculty of Engineering, 40(4), 789-817.

ABSTRACT

In this study, it is aimed to identify risk elements with Analytical Hierarchy Process [AHP], one of the Geographic Information Systems [GIS]-based Multi-Criteria Decision Making [MCDM] methods. As a result of the study, the order of priority weights in the AHP analysis for the main risk factors was found to be meteorological drought with 55.79%, heavy rainfall with 26.33%, heat wave with 12.19%, and topography with 5.69%. A very high meteorological drought risk was detected in the southern and coastal parts covering 11.7% of the basin, a high risk of heavy rainfall in the central parts covering 8.5%, a very high heat wave risk in the southern and coastal parts covering 1.3%, and a high degree of topography effect in the south central parts covering 0.8%. When the risk maps were evaluated, it was determined that the most risky areas in the basin were in Karataş, Seyhan, Yüreğir, Sarıçam and Çukurova for meteorological drought, in Feke and Aladağ for heavy rain, in the western part of Karataş for heat waves, and the most affected area in terms of topography was in Çukurova.

1. GİRİŞ

Son yüzyılda sanayi devrimiyle, üretim için hammadde gereksinimi artmış, yeraltındaki mineral kaynaklarının yoğun bir şekilde sanayide hammadde olarak kullanımı gerçekleşmiştir. Bu durum atmosferin yapısında da değişimlere sebep olmuştur [1,2].

Bu süreçte her geçen gün giderek artan enerji ihtiyacının karşılanabilmesi amacıyla fosil yakıtlar kullanılmış ve buna bağlı olarak atmosferdeki CO₂ oranı büyük ölçüde artmıştır. Atmosferin yapısındaki değişiklikler sıcaklık artışına sebep olmuştur [3-6]. Böylece, atmosferin yapısında meydana gelen değişim ile birlikte oluşan iklimsel değişimler, küresel iklim değişikliğini ortaya çıkartmıştır. Günümüzde küresel iklim değişikliği, bütün canlıların yaşamını etkileyecek, dünyanın üstesinden gelmek zorunda olduğu, ciddi ve dönüşü mümkün olmayan bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır [6,7].

Türkiye üzerinde, iklim değişimi ile ilgili gerek yapılan analizler gerekse geleceğe yönelik tahmin çalışmaları giderek hız kazanmıştır. Gelecek dönemlere ait tahminde bulunan iklim modelleri ve bu modellerde kullanılan sıcaklık, yağış, vb. değişkenlere ait veriler genellikle iki farklı yaklaşım ile oluşturulmuştur. Bunlar; geçmişe ait verilerin istatistiklerinin kullanılması ile geleceğe yönelik tahminlerin yapılması ve iklim senaryolarının kullanılmasıdır [8,9].

Dünyadaki su tüketiminin yaklaşık %70'i tarımda kullanılmakta olup bu oran ülkemizde %77'dir [10,11]. Bununla beraber ülkemizde kişi başına düşen su miktarı 2000 yılında 1652 m³ iken 2022 yılında 1322 m³'e kadar düşmüştür [12,13]. Ülkemiz bu değerlere bakıldığında su stresi yaşayan bir ülke konumundadır. Kişi başına düşen su miktarında yaşanan düşme eğilimi devam edip, bu değer 1000 m³'ün altına indiğinde ülkemiz su fakiri ülke konumuna gelecektir. Bu nedenle suyu etkin ve verimli kullanmak adına sürdürülebilir su kaynaklarının yönetimi oldukça önem arz etmektedir. Bu kapsamda, Merkepçi [14] Seyhan Havzası'nda yer alan Zamanti Nehri-Değirmenocağı, Zamanti Nehri-Ergenuşağı ve Eğlence Nehri-Eğribük istasyonlarının uzun dönem günlük akış değerlerini yapay sinir ağı modeli kullanarak incelemiştir.

Sonuç olarak, su kaynakları üzerindeki baskıların nasıl azaltılacağı, mevcut büyüme hızı, değişen su tüketim alışkanlıkları ve artan su talebi karşısında su kaynaklarının yıllar sonrasına nasıl aktarılacağı ve iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki olumsuz etkilerine nasıl uyum sağlanacağı yüzyılımızın en önemli insanlık sorunları arasında yer almaktadır.

Bu amaçla çalışmada, bu etkiler dikkate alınarak, iklim değişikliğinin Seyhan Havzası özelinde, su kaynaklarına etkisinin değerlendirilmesi, risk analizlerinin yapılması ve uyum faaliyetlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanının Özellikleri

Seyhan Havzası Türkiye'nin Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Adana İlinin kuzeyinde 36° 30' ile 39° 15' kuzey enlemleri ve 34° 45' ile 37° 00' doğu boylamları arasında yer almaktadır. 22.152,5 km²'lik yüz ölçüme sahip Seyhan Havzası, doğuda Ceyhan, batıda Konya ve Berdan, kuzeyde Develi Havzası ve Kulmac Dağları, güneyde ise Akdeniz'e kadar uzanmaktadır.

2.2. Çalışma Alanının İklimi ve Su Kaynakları

Seyhan Nehri yağış alanı Akdeniz ve İç Anadolu coğrafi bölgelerinde yer almaktadır. Orta kesiminden Toros Dağları ile ikiye bölünmüş görünümde olan havzada güneyde, Akdeniz Bölgesi'nde Akdeniz İklimi, kuzeyde, İç Anadolu Bölgesi'nde karasal iklim özelliklerine rastlanır. Seyhan Havzası içerisine giren meteoroloji istasyonları arasında en yüksek sıcaklık Adana meteoroloji istasyonunda 44 °C olarak, havzadaki en düşük sıcaklık Tomarza meteoroloji istasyonunda -34,2 °C olarak ölçülmüştür. Havzadaki uzun yıllar ortalama sıcaklıklar ise Sarız'da 7,4 °C iken Adana'da 18,9 °C olarak gerçekleşmiştir. Sıcaklık istatistiklerinden görüleceği üzere havzanın güneyi ve kuzeyi arasında iklimsel olarak önemli farklılıklar vardır. Çalışma alanına ait konumsal görünüm ve önemli su kaynakları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Seyhan Havzası'nın konumu ve önemli su kaynakları

2.3. Coğrafi Veri Temini

Çalışmada kullanılacak sayısal özellikteki veri setlerinin coğrafi projeksiyon sistemleri ve mekânsal çözünürlükleri CBS yazılımı kullanılarak standardize edilmiştir. Bu aşamada CORINE Arazi Örtüsü/Kullanımı verisinin hücresel çözünürlüğü ArcGIS 10.8 yazılımı Data Management bölümünde Resample İşlemi yapılarak ayarlanmıştır. Bu veriler ArcGIS 10.8 yazılımı ile bu çalışma için oluşturulan coğrafi veri tabanına “Raster” ve “Shape” formatlarında aktarılmış ve tek bir projeksiyon sistemine uyarlanmıştır. Türkiye geneli elde edilen verilerden Seyhan Havzası sınırları temel alınarak coğrafi veri tabanı oluşturulmuştur. Bu çalışmada kullanılan veriler ilgili kurum ve kuruluşlardan temin edilmiş olup Çizelge 1.'de verilmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden Seyhan havzasına ait (1950-2022) iklim verileri temin edilmiştir. Bu veriler yıllık olarak sınıflandırılarak yıllık ortalama, minimum ve maksimum değerler hesaplanmıştır. Koordinatları bilinen meteorolojik gözlem istasyonlarından alınan nihai olarak istatistiki veriler ArcGIS 10.8 yazılımı ile birlikte ters mesafe ağırlıklandırma (IDW) yöntemleri ile yüzey yayılımı uygulanarak mekânsal formata dönüştürülmüştür.

Çizelge 1. CBS veri tabanı

İklim Verileri	Topoğrafya
- Sıcaklık - Yıllık Ortalama Sıcaklık - Yıllık Maksimum Sıcaklık - Yıllık Ekstrem Sıcaklık - Yıllık Minimum Sıcaklık - Yağış - Yıllık Ortalama Yağış - Ocak Ayı Ortalama Yağış - Temmuz Ayı Ortalama Yağış - Nem - Yıllık Ortalama Bağıl Nem - Solar Radyasyon (Global Solar Atlas verileri)	Earth Explorer (USGS) sitesinden indirilen SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) DEM(Sayısal Yükseklik Modeli) verileri kullanarak; - Yükseklik - Eğim Land Copernicus sitesinden indirilen CORINE (Cordination of Information on the environment) 2018 verilerinden Arazi Kullanım Haritası Earth Explorer (USGS) sitesinden indirilen Landsat 8-9 OLI Uydu görüntülerinden NDVI (Normalized Diffrence Vegetation Index- Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi)

2.4. Risk Analiz Metodolojisi

Çalışmanın risk unsurları ve bunlara etki eden alt kriterler, literatürde kabul gören araştırma sonuçlar doğrultusunda belirlenmiştir. Bu belirlemelere göre, iklim değişikliği su kaynakları riskleri genel olarak incelendiğinde, çalışma kapsamında, havza ölçeğinde su kaynaklarının en çok etkilendiği risk unsurları meteorolojik kuraklık, şiddetli yağış, sıcak hava dalgası ve topografyadır. Bunlara etki eden alt kriterler ise; meteorolojik kuraklık unsuru için, yıllık ortalama sıcaklık, yıllık maksimum sıcaklık, yıllık ekstrem sıcaklık, yıllık minimum sıcaklık, yıllık ortalama yağış olarak, şiddetli yağış unsuru için, yıllık ortalama yağış, Ocak ayı ortalama yağış, Temmuz ayı ortalama yağış olarak, sıcak hava dalgası unsuru için, bağıl nem, yıllık ortalama sıcaklık, solar radyasyon (güneş ışınlımı) olarak, topografya unsuru için, NDVI, arazi kullanımı, yükseklik, eğim olarak belirlenmiştir.

Kriterlerin belirlenmesi ile çalışmada kullanılacak sayısal özellikteki veri setlerinin coğrafi projeksiyon sistemleri ve mekânsal çözünürlükleri CBS yazılımı kullanılarak standardize edilmiştir. Bu aşamada CORINE Arazi Örtüsü/Kullanımı verisinin hücresel çözünürlüğü ArcGIS 10.8 yazılımı Data Management bölümünde Resample işlemi yapılarak ayarlanmıştır. Standardize edilmiş verilerden, ArcGIS 10.8 yazılımındaki reclassify aracı kullanılarak araştırma alanına ait yukarıda anlatılan kriterlere ait haritalar üretilmiştir. Çalışma alt kriter haritaları için ArcGIS 10.8 yazılımı Spatial Analyst modülü reclassify bölümünde yeniden sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Alt kriterlerin ağırlıklandırılması ve sıralanması için ise [15] tarafından geliştirilmiş olan AHP algoritması kullanılmıştır. Araştırma kriterleri arasında [16], tarafından geliştirilen web tabanlı çevrimiçi (AHP-OS) sistemi kullanılarak AHP ikili karşılaştırmaları yapılmış ve ikili karşılaştırma tutarlılık CR değerleri oranı hesaplanmıştır.

Araştırma alt kriterlerinin AHP analizleri sonucu belirlenen kriter ağırlıkları kullanılarak ArcGIS 10.8 yazılımı “Spatial Analyst” araçları “Weighted Overlay” bölümünde bindirme işlemi yapılmış böylece Seyhan Havzasındaki ana risk unsurları meteorolojik kuraklık, şiddetli yağış, sıcak hava dalgası için risk potansiyelleri ve topografya için etkileri alansal olarak haritalandırılarak tespit edilmiştir.

2.5. Araştırma Kriterlerinin AHP Analizi

Dört adımda gerçekleştirilebilen AHP algoritması uygulamasında sırayla;

Adım 1. Problem tanımlanır. Karar için gerekli olan ölçütler belirlenerek, ölçüt öncelikleri tespit edilir.

Adım 2. Hiyerarşik bir yapı oluşturulur. Karar Probleminin hiyerarşik yapısının oluşturulması AHP'nin temelidir. Bu aşamada karar problemini tanımlayan ana unsurlar ve alternatifler belirlenir. Daha sonra araştırma problemi belirlenen amaca uygun şekilde unsurlar, alt kriterlere ve alternatiflere bölünür [15].

Adım 3. İkili karşılaştırma matrisi oluşturulur. 1 ile 9 arasında değerler alan bir önem derecesi ölçeği kullanılarak, önce temel ölçütler, varsa alt ölçütler ve son olarak tüm ölçütlerin dikkate alınarak ölçütlere göre karar seçeneklerinin karşılaştırıldığı matrisler oluşturulur. Karşılaştırma matrisleri köşegen elemanları 1 olan bir kare matristir.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} = 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} = 1/a_{1n} & a_{n2} = 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

a_{ij}, i. ölçüt ile j. ölçütün ikili karşılaştırma değeri olup, j i a değeri 1 a_{ij} den elde edilir. Bu özelliğe, karşılık olma özelliği denir. ij a değeri, “Ölçüt i değeri bir başka ölçüt j ye göre ne oranda tercih edilmelidir?” sorusunun cevabıdır. Karar seçenekleri her bir ölçüte göre ayrı ayrı karşılaştırılır. Karar matrisleri, aşağıda [15] tarafından önerilmiş olan 1-9 karşılaştırma ölçeği kullanılarak oluşturulur (Çizelge 2).

Çizelge 2. AHP önem değerleri [15]

Değeri	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki seçenekte eşit derecede öneme sahiptir.
3	Biraz önemli	Bir kriterin diğerine karşı biraz daha üstün olduğu durumdur.
5	Fazla önemli	Bir kriter diğerine göre üstün sayılmıştır.
7	Çok fazla önemli	Bir kriter diğerine karşı oldukça üstün sayılmıştır.
9	Aşırı derece önemli	Bir kriterin diğerinden üstün olduğu çok nettir.
2,4,6,8	Ara değer	Ardışık iki değerlendirme arasındaki ara değerleri belirtir.

Adım 4. İkili karşılaştırma matrisi satır ve sütunları normalize edilir. Bu aşamada matrisin sütunlarında bulunan elemanlar, sütunların toplamına bölünerek her bir sütunun toplamı 1 olacak şekilde normalize edilirler.

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, i, j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

eşitliği kullanılır.

Adım 5. Öncelik vektörü hesaplanır. Normalize edilmiş matrisin her bir satır toplamı, matrisin boyutuna bölünerek ortalaması alınır. Bulunan bu değerler her bir ölçüt için hesaplanan önem ağırlıklarıdır. Bu ağırlıklar, öncelik vektörünü oluşturur.

$$W_i = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{j=1}^n a'_{ij}, i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

eşitliği kullanılır. Böylece, ölçütlerin birbirlerine göre önem değerlerini gösteren yüzde önem dağılımları elde edilir.

Adım 6. İkili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı hesaplanır. Bu aşamanın amacı karar vericinin ikili karşılaştırmalardaki tercihlerinin tutarlılığının belirlenmesidir. İkili karşılaştırma yargısı sonucu oluşan bir A matrisinin tutarlı olup olmadığını belirleyebilmek için birçok yöntemden bir tanesi olan “Tutarlılık İndeksi (Consistency Index-CI)” adı verilen katsayının hesaplanması gerekir. CI katsayısı

$$I = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada,

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j}{w_i} \right) \quad (4)$$

$$A \times W = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21}=1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}=1/a_{1n} & a_{n2}=1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$d_i = \frac{x_i}{w_i}, i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (7)$$

Tutarlılığı değerlendirebilmek için “Rassal Indeks (Random Index-RI)” değerinin bilinmesi gerekir. n boyutlu karşılaştırma matrisleri için tanımlanan RI değerleri Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Karşılaştırma matrislerinin boyutlarına göre RI değerleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,5	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5

CI ve RI değerleri belirlendikten sonra “Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio-CR)” hesaplanır.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (8)$$

Bu aşamada tutarlılık oranının CR 0,10 değerini aşmaması gerekir. Bu değerin aşılması karar vericinin tutarsızlığını göstermekte olup bu durumda yapılan ikili karşılaştırmaların tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir.

Adım 7. Ölçütler için ikili karşılaştırma matrisi oluşturularak, karar seçeneklerinin öncelik vektörü hesaplanır. Bu öncelik vektörü, ölçütler için ağırlık vektörü olarak da tanımlanabilir.

Adım 8. Karar seçenekleri sıralanır. Ölçütler için elde edilen öncelik vektörleri birleştirilerek, tüm öncelikler matrisi elde edilir. Tüm öncelikler matrisi ile karar seçeneklerinin öncelik vektörü çarpılıp toplanarak sonuç vektörü elde edilir. Bu vektörde en yüksek ağırlığa sahip olan karar seçeneği problemin çözümü için tercih edilmesi gereken karar seçeneği olarak belirlenir.

Bu çalışmada, ana risk unsurlarının ve alt kriterlerin AHP ağırlıklarının, sıralarının ve tutarlılık oranlarının hesaplanması için Microsoft Excel ile AHP algoritmasına ilişkin yukarıda formülasyonları verilen

hesaplamalar yapılmış, hesaplanan sonuçların doğrulaması [17], tarafından geliştirilen web tabanlı çevrimiçi (AHP-OS) sisteminde doğrulaması gerçekleştirilmiştir. Araştırma için belirlenmiş olan kriterler arasında 28 ikili karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmaların AHP ikili karşılaştırma tutarlılık oranı nicel araştırmalar için kriter kabul edilen CR 0,1 genel tutarlılık oranının altında olup meteorolojik kuraklık için $CR = 0,01$, şiddetli yağış için 0,02, sıcak hava dalgası için 0,06, topografya için 0,02 olarak belirlenmiştir. Toplam risk için ise 0,06 olarak hesaplanmıştır.

Çalışmanın veri analiz aşamasında, araştırma alt kriterlerinin AHP analizleri sonucu belirlenen kriter ağırlıkları kullanılarak ArcGIS 10.8 yazılımı “Spatial Analyst” araçları “Weighted Overlay” bölümünde bindirme işlemi yapılmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Risk unsurları için yapılan AHP ikili karşılaştırmalar 4 adet ana risk unsuru için Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4. Risk ana unsurlar ikili karşılaştırma matrisi

Risk ana unsurlar	a	b	c	d
(a) Meteorolojik kuraklık	1	3	5	7
(b) Şiddetli yağış	1/3	1	3	5
(c) Sıcak hava dalgası	1/5	1/3	1	3
(d) Topografya	1/7	1/5	0	1

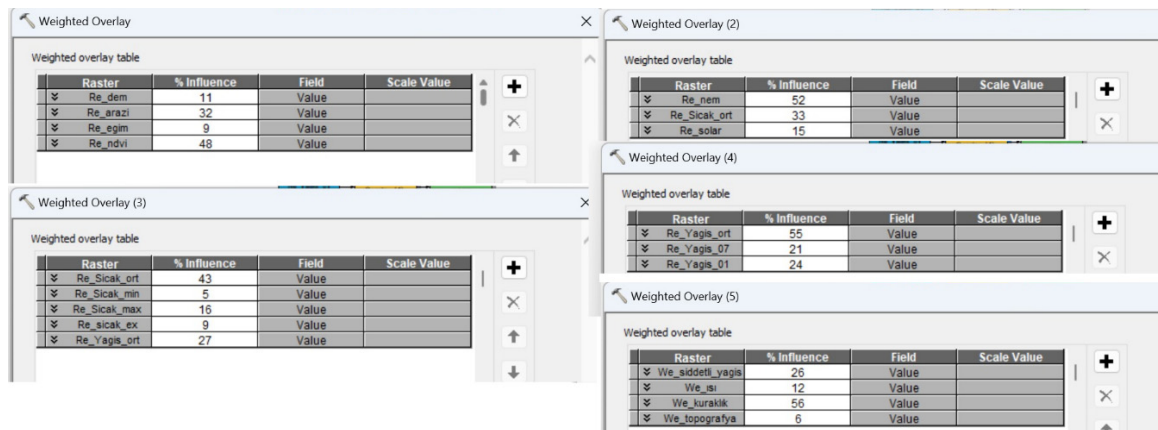
Ana risk unsurları için AHP analizinde elde edilen öncelik ağırlıklarının sıralanması ile ilgili sonuçlar Çizelge 5’de verilmiştir.

Seyhan Havzası için yapılan Meteorolojik Kuraklık, Şiddetli Yağış, Sıcak Hava Dalgası ve Topografya AHP analizleri neticesinde; Meteorolojik Kuraklık risk unsurunun, %55,79 ile en yüksek, topografya etki unsurunun ise % 5,69 ile en düşük ağırlığa sahip olduğu belirlenmiştir.

Uygulama sonucu elde edilen AHP önem değerleri Şekil 2’de verilmiştir. Bu analiz sonucunda, çok düşük riskli alanlar “1” düşük riskli alanlar için “2” orta riskli alanlar için “3” yüksek riskli alanlar için “4”, çok yüksek riskli alanlar için “5” önem sınıf kodu kullanılmış böylece araştırma sahasında meteorolojik kuraklık, şiddetli yağış, sıcak hava dalgası riski taşıyan ve topografya etkisi altında kalan alanlar haritalandırılarak tespit edilmiştir.

Çizelge 5. Risk ana unsurları öncelik ağırlık sıralaması

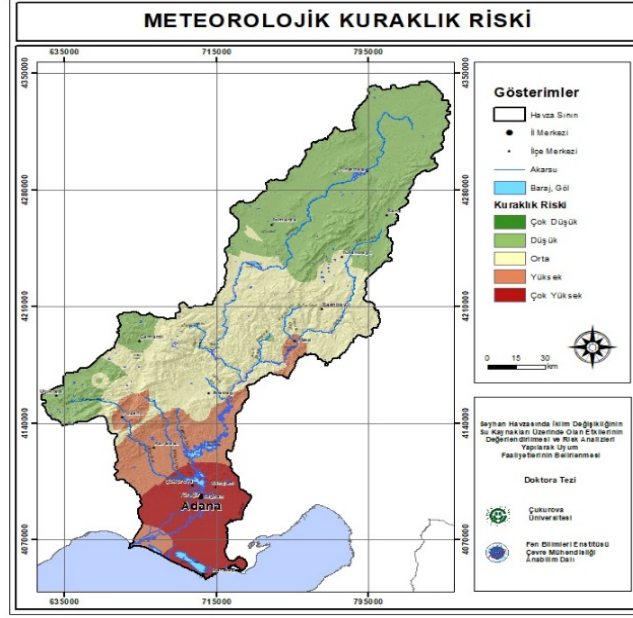
Parametreler	a	b	c	d	Toplam	Ağırlık	Öncelik ağırlığı (%)
(a) Meteorolojik kuraklık	0,6	0,66	0,54	0,44	2,23	0,56	55,79
(b) Şiddetli yağış	0,2	0,22	0,32	0,31	1,05	0,26	26,33
(c) Sıcak hava dalgası	0,12	0,07	0,11	0,19	0,49	0,12	12,19
(d) Topografya	0,09	0,04	0,04	0,06	0,23	0,06	5,69
Toplam	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00	1,00	100,00



Şekil 2. AHP önem değerleri weighted overlay

3.1. Meteorolojik Kuraklık Riskinin Değerlendirilmesi

Şekil 3’de Seyhan Havzası’na ait meteorolojik kuraklık riskinin haritada gösterilen alansal dağılımlarına göre risk değerlendirmesi yapılmıştır.



Şekil 3. Seyhan Havzası meteorolojik kuraklık risk haritası

Seyhan havzası iklim değişikliğine bağlı olarak kuraklıktan önemli derecede etkilenecek havzaların başında gelmektedir.

İklim değişikliğine bağlı olarak sıcaklığın fazla ve yağışın az olduğu yerlerde su kaynakların miktarları kısıtlanırken tarım başta olmak üzere pek çok sektör olumsuz yönde etkilenmektedir. Bazı nehir havzalarında yağışlarda azalma, sıcaklıkta önemli bir artış ve dolayısıyla akışlarda azalma eğiliminin olduğu bilinmektedir. Örneğin, Gediz ve Büyük Menderes Havzalarındaki yerüstü sularının %50'sinin bu yüzyılda kaybolacağı ve dolayısıyla tarımda, yerleşimlerde ve sanayide su kullanıcıları için aşırı su kıtlığının yaşanacağı tahmin edilmektedir. Araştırmalar en kayda değer su açığının gözlemlendiği havzaların Fırat Dicle, Doğu Akdeniz ve Konya Kapalı Havzası olduğunu göstermektedir. Yapılan başka bir çalışmada, Büyük Menderes ve Gediz Havzalarında iklim değişikliğinin bölgesel ölçekte beklenen etkilerinin, havzalarda zaten mevcut olan su kıtlığı ve su tahsisi problemlerini kapsam ve boyut açısından daha da arttıracığı ifade edilmektedir [18].

Seyhan Havzası için hazırlanan kuraklık yönetim planı incelendiğinde ise, hafif kuraklık görülme oranı en yüksek %16,5 ile Tomarza'da, en düşük %13,8 ile Adana'da, orta şiddetli kuraklık görülme oranı en yüksek %12,5 ile Elbaşı'nda, en düşük %8,1 ile Karaisalı'da, şiddetli kuraklık görülme oranı en yüksek %8,1 ile Pozantı'da, en düşük %6,1 ile Elbaşı'nda görülmüştür. Havza içerisinde kalan istasyonların ortalamalarına göre havzada hafif kuraklık görülme oranı %14,8, orta şiddetli kuraklık görülme oranı %10,3 ve şiddetli kuraklık görülme oranı ise %7,0 şeklinde hesaplanmıştır [19].

Yapılan çalışmada, meteorolojik kuraklık analizi için yapılan alt kriter değerlendirilmesinde sıcaklık ve yağış sonuçları alt kriter haritaları bölümünde gösterildiği ve anlatıldığı gibi havzanın kuzey ve batı uç kesimlerinde düşük sıcaklık ve yağış yoğunluklarının ortaya çıktığı, güney, kıyı ve orta kesimlere doğru yüksek sıcaklık ve yağış yoğunluklarının yaşandığı görülmektedir. Bu sonuçlara göre gerçekleştirilen meteorolojik kuraklık analizi neticesinde ortaya çıkan risk dağılım haritalarına göre, Seyhan Havzasının 8.721,2 km²'lik, %39,4 ünü kapsayan havzanın kuzey bölümünde yer alan Pınarbaşı, Tomarza, Sarız, Tufanbeyli ilçelerinin, havzanın batı bölümünde yer alan Ulukışla ve Çamardı ilçelerinin düşük kuraklık riski taşıdığı, 2.590,5 km²'lik %11,7' sini kapsayan havzanın güney bölümü ve kıyı kesiminde yer alan Karataş, Seyhan, Yüreğir, Sarıçam ve Çukurova ilçelerinin çok yüksek kuraklık riski taşıdığı tespit edilmiştir.

Yukarıda bahsedilen bölgede yapılmış diğer çalışmalar ve elde edilen bulgular kıyaslandığında, kuraklığın havzadaki ve su kaynakları üzerindeki etkilerin benzer olduğu ve olası risklerin sonuçları açıkça anlaşılmaktadır.

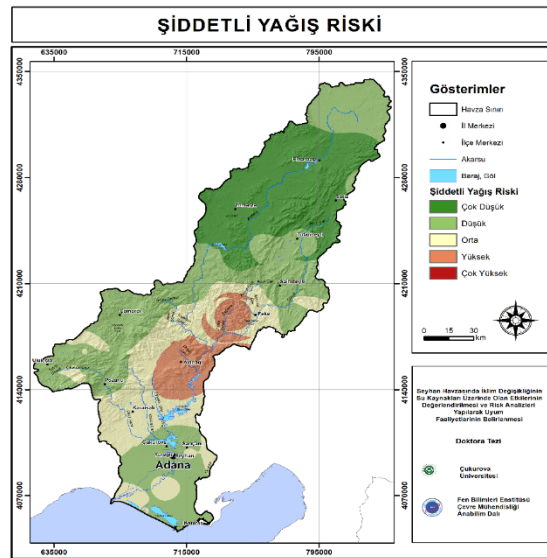
Çizelge 6. Meteorolojik kuraklık riski risk puanları ve alansal dağılımları

Meteorolojik kuraklık risk	Risk puanı	Alan (km ²)	Alansal dağılım (%)
Çok düşük	1	0,0	0,0
Düşük	2	8.721,2	39,4
Orta	3	7.840,9	35,4
Yüksek	4	3.000,0	13,5
Çok yüksek	5	2.590,5	11,7
Toplam		22.152,5	100,0

Çalışma bulgularına ve elde edilen harita sonuçlarına göre yoğunlukları hesaplanan alanlar için, çok yüksek riskli alan içinde kalan su kaynakları Seyhan Baraj Gölü, Akyatan Gölü, Seyhan Nehri, Körkün Çayı, Çakıt suyu olarak bulunmuştur. Yine yüksek riskli alanlar için bakıldığında Çatalan Baraj Gölü, Eğlence Çayı, Doğan Çayı ve Feke Baraj Gölü, Asmaca çayının uzantısı yer almaktadır (Şekil 3, Çizelge 6).

3.2. Şiddetli Yağış Riskinin Değerlendirilmesi

Şekil 4’de Seyhan Havzası’na ait şiddetli yağış riskinin haritada gösterilen alansal dağılımlarına göre risk değerlendirmesi yapılmıştır.



Şekil 4. Seyhan Havzası şiddetli yağış risk haritası

Son yıllarda, yapılan pek çok çalışmada, Seyhan Havzası'nda yapılan şiddetli yağış olaylarının arttığı ve bu iklim değişikliğinin ilerlemiş olduğu ortaya konmuştur. Özellikle kurak dönemlerin ardından gelen yoğun yağışlar, su kaynaklarının yönetimini son derece zorlaştırmaktadır. [20] çalışmalarında, Ege Bölgesi'nde yağış şiddeti kıyılarından iç kesimlere doğru azaldığını tespit etmişlerdir. Buna göre, denizel etkinin fazla olduğu kıyı Ege'de yüksek şiddetli yağışlar, iç kesimlerine göre daha fazla gerçekleşir. Afyon ve çevresi Ege Bölgesi'nde en az yağış düşen alanlardandır. Buradaki yağışların şiddetinin de oldukça hafif olduğu gözlenmiştir. Bölgenin güneyindeki dağlık alanda yağış şiddetleri oldukça yüksektir. Bölgenin güney kesimleri, ekstrem yağışlarının en fazla yaşandığı yerdir. Ayrıca bu alan bölgenin en fazla yağış alan bölümüdür. Bu alanda 100 mm ve üzerindeki şiddetli yağışlar, Ege Bölgesi'nin geri kalanına nazaran belirgin şekilde fazladır. Seyhan Nehri yağış alanının topografyası, bitki örtüsü ve yağış alanına giren nemli havanın akış yönü ile uyumlu olarak bulunmuştur. Yağış alanına güney ve güneybatıdan giren cephe sistemlerinin beraberinde getirdiği nemli hava kütleleri, alan üzerinde hareket ederken yağış alanının orta bölümünde yer alan Toros dağlarının orografik etkisi ile neminin önemli bir bölümünü bu bölgede yağış olarak bırakır. Bundan dolayı yağış alanının güney bölümündeki yağışlar yüksektir. Toros dağlarını aşan nemli hava kuzeye doğru ilerlerken taşıdığı nemin azalmış olması nedeniyle yağış alanının kuzey

kesimlerine daha az ölçüde yağış bırakır. Bunun sonucu yağış alanının kuzey bölümündeki yıllık ortalama yağışlar güney bölümündekilerden çok daha azdır [21].

Buna göre, şiddetli yağış risk haritasına göre elde edilen risk puanları ve alansal dağılımları Çizelge 7’de verilmiştir.

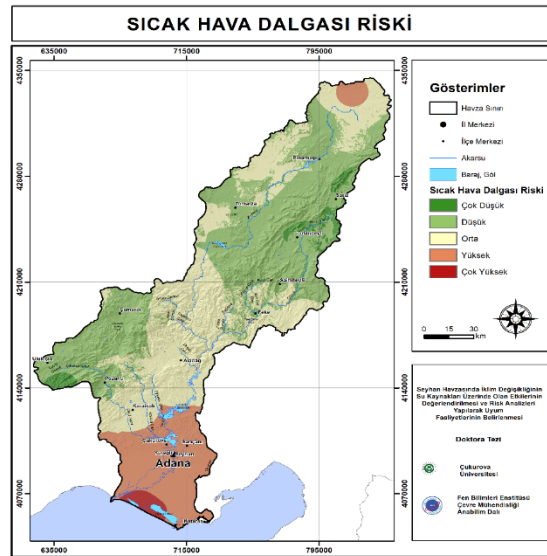
Çizelge 7. Şiddetli yağış riski risk puanları ve alansal dağılımları

Şiddetli yağış risk düzeyi	Risk puanı	Alan (km ²)	Alansal dağılımı (%)
Çok düşük	1	5.945,5	26,8
Düşük	2	9.383,6	42,4
Orta	3	4.945,7	22,3
Yüksek	4	1.877,7	8,5
Çok yüksek	5	0,0	0,0
Toplam		22.152,5	100,0

Yapılan çalışmada, şiddetli yağış riski değerlendirildiğinde, Seyhan Havzasının 5.945,5 km²’lik, %26,8’ini kapsayan havzanın kuzey bölümünde yer alan Pınarbaşı, Tomarza, Sarız ve Tufanbeyli ilçelerinin çok düşük şiddetli yağış riski taşıdığı, 1.877,7 km²’lik %8,5’ini kapsayan havzanın orta kesimlerinde yer alan Feke ve Aladağ ilçelerinin yüksek şiddetli yağış riski taşıdığı tespit edilmiştir (Şekil 4, Çizelge 7). Seyhan Havzası sınırları içinde yer alan su kaynakları, şiddetli yağış riski için değerlendirildiğinde yüksek riskli alan içinde su kaynağı olarak Yedigöze Baraj Gölü, Feke Baraj Gölü, Doğançay, Kisenit Çayı, Asmaca Çayı, Salam Deresi, Bağdere olarak bulunmuştur.

3.3. Sıcak Hava Dalgası Riskinin Değerlendirilmesi

Şekil 5’de Seyhan Havzası’na ait sıcak hava dalgası riskinin haritada gösterilen alansal dağılımlarına göre risk değerlendirmesi yapılmıştır.



Şekil 5. Seyhan Havzası sıcak hava dalgası risk haritası

Yapılan araştırmalarda, sıcak hava dalgalarının, sulama verimliliğini artırdığını ve üretimde azalmaya yol açabileceğini ortaya koyarak, nehir akışlarını azaltarak su kaynaklarının tükenmesine neden olabileceği sonuçları çıkmaktadır. Türkiye’nin de bulunduğu Akdeniz havzası iklim değişikliğinin toprak neminin azalması, yağışların azalması, sıcaklık artışı, bunlara bağlı kuraklık ve aşırı sıcak dönemlerin yaşanması gibi etkileri açısından en sıcak noktalardan biri olarak kabul edilir [22]. Kuglitsch ve arkadaşları, [23] aralarında Türkiye’nin de bulunduğu Doğu Akdeniz ülkelerinde bulunan 246 meteoroloji istasyonunun verilerini değerlendirmişlerdir. Gündüz en yüksek ve gece en düşük sıcaklıkların en az 3 gün devam etmesini sıcak dalgası olarak tanımlamışlardır. Yapılan çalışmada, 1960 ile 2006 arasında sıcak dalgalarının hem sayısının hem de süresinin ve yoğunluğunun önemli ölçüde arttığı ortaya konmuş özellikle de

faktördür. Bu nedenle, su kaynaklarının yönetimi ve korunması için topografik özelliklerin iyi anlaşılması gerekmektedir.

Buna göre, topografya etki haritasına göre elde edilen etki puanları ve alansal dağılımları Çizelge 9’da verilmiştir.

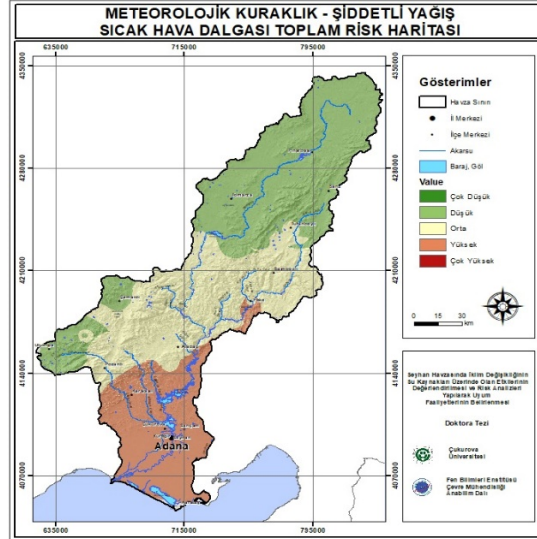
Çizelge 9. Topografya etkisi ve etki puanları ve alansal dağılımları

Topografya etki düzeyi	Etki puanı	Alan (km ²)	Alansal dağılım (%)
Çok düşük	1	12.905,6	59,5
Düşük	2	8.161,8	37,6
Orta	3	444,9	2,1
Yüksek	4	170,2	0,8
Çok yüksek	5	0,0	0,0
Toplam		21.682,5	100,0

Çalışmada, topografya etkisi değerlendirildiğinde, Seyhan Havzasının 12.905,6 km²’lik, % 59,5’ini kapsayan havzanın orta kesimlerinden kuzeye doğru uzanan bölümün tamamı çok düşük topografya etkisi altında olduğu, 170,2 km²’lik % 0,8’ini kapsayan havzanın güney orta kesimlerinde Çukurova ilçesinde yüksek topografya etkisi altında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6, Çizelge 9). Seyhan Havzası sınırları içinde yer alan su kaynakları, topografya etkisi için değerlendirildiğinde yüksek etki altında kalan alan içinde, su kaynağı olarak Seyhan Nehri ve Seyhan Baraj Gölü yer almaktadır.

3.5. Meteorolojik Kuraklık-Şiddetli Yağış-Sıcak Hava Dalgası Toplam Risk Haritasının Değerlendirilmesi

Şekil 7’de Seyhan Havzası’na ait toplam riskin haritada gösterilen alansal dağılımlarına göre risk değerlendirmesi yapılmıştır. Buna göre, toplam risk haritasına göre elde edilen risk puanları ve alansal dağılımları Çizelge 10’da verilmiştir.



Şekil 7. Seyhan Havzası meteorolojik kuraklık, şiddetli yağış, sıcak hava dalgası toplam risk haritası

Çizelge 10. Meteorolojik kuraklık, şiddetli yağış, sıcak hava dalgası toplam risk puanları ve alansal dağılımları

Risk düzeyi	Risk puanı	Ağırlık sınıfı	Alan (km ²)	Alansal dağılım (%)
Çok düşük	1	Çok düşük	0,0	0,0
Düşük	2	Düşük	9.312,3	42,0
Orta	3	Orta	7.734,8	34,9
Yüksek	4	Yüksek	5.105,3	23,0
Çok yüksek	5	Çok yüksek	0,0	0,0
Toplam			22.152,5	100,0

Çalışmada, meteorolojik kuraklık, şiddetli yağış ve sıcak hava dalgası riskleri karşılaştırılarak elde edilen toplam risk değerlendirildiğinde, Seyhan Havzasının 5.105,3 km²'lik, %23'ünü kapsayan havzanın güney kıyı kesimleri ve orta kesimlerinde yer alan Seyhan, Yüreğir, Çukurova, Sarıçam, Karaisalı, Karataş, Feke ve Aladağ'ın bir bölümü meteorolojik kuraklık, şiddetli yağış, sıcak hava dalgası parametreleri için yüksek risk taşıdığı tespit edilmiştir. Bu kısımlar havza nüfusunun %83'ünü oluşturmaktadır. Buna bağlı olarak içme suyu temini ihtiyacının, tarımsal faaliyetlerin yoğun olması sebebiyle su tüketiminin, sanayi kuruluşlarının yine bu bölgede faaliyet göstererek su kullanımının fazla olması yüksek risk unsurunu ortaya koymaktadır. 7.734,8 km²'lik %34,9'unu kapsayan havzanın orta kesimlerinde yer alan Pozantı, Aladağ, Saimbeyli, Tufanbeyli ilçelerinde meteorolojik kuraklık, şiddetli yağış, sıcak hava dalgası parametreleri için orta risk taşıdığı, 9.312,3 km²'lik, % 42'sini kapsayan havzanın kuzeyi ve batısında yer alan Ulukışla, Çamardı, Tomarza, Pınarbaşı, Sarız ilçelerinde ise düşük risk taşıdığı tespit edilmiştir (Şekil 7, Çizelge 10).

4. UYUM FAALİYETLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İklim değişikliğine uyum, birçok alanda (turizm, tarım, su, gıda, halk sağlığı, altyapı, biyolojik çeşitlilik ve ekosistem, ulaşım, enerji, ulaşım, sanayi gibi) karar verme süreçlerini entegre olarak ele alan dinamik bir süreçtir. Bu sürece ilişkin dengeleri kurmak ve kentsel ölçekte tedbirler almak ile uyum süreci başlatılmalıdır. Türkiye' de iklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi ve uyum konularında birçok çalışma gerçekleştirilmiştir olup halen devam eden çalışmalar mevcuttur. Bu konuyla ilgili yapılan çalışmaların en başında bütünlük su kaynakları yönetimi anlayışı ile hazırlanmış olan havza ölçekli yönetim planları gelmektedir. Havza koruma eylem planları, havza kuraklık yönetim, havza su tahsis, havza yönetim, havza taşkın yönetim gibi havza ölçeğinde suyla ilgili yapılan tüm planları kapsamaktadır. Bu planlar havzadaki yeraltı ve yerüstü su kütlelerinin kalite ve miktar olarak korunması, ihtiyaç önceliklerine uygun biçimde tahsisinin yapılması ve taşkın, kuraklık gibi afetlerden korunarak sürdürülebilir su kullanımının sağlanması amacıyla hazırlanmaktadır. Bu çalışmada, iklim değişikliğinin su kaynaklarına olan etkileri meteorolojik kuraklık, şiddetli yağış, sıcak hava dalgası unsurları için analiz edilmiştir. Ortaya konan sonuçlar ışığında oluşacak risklerle ilgili, havza genelinde yüksek risk içeren öncelikli alanlar ve bu alan içerisinde yer alan ilgili su kaynaklarının korunması için yapılabilecek faaliyetler değerlendirilerek iklim değişikliği uyum süreci çalışmalarına katkı sunulmaya çalışılmıştır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

İklim değişikliği, hidrolojik çevrimde pek çok değişikliğe neden olmaktadır. Türkiye bulunduğu coğrafi konum durumuyla, ılıman kuşak ile tropikal kuşak arasında bulunmakta olup, konumu ve yer şekilleri farklı iklim koşullarının oluşmasına neden olmuştur. Yüksek dağlar nedeni ile deniz etkisinin ulaşması engellenen iç kesimlerde karasal iklim özellikleri görülürken, kıyı bölgelerinde deniz etkisiyle daha ılıman iklim özellikleri görülmektedir. Bu durum Türkiye'nin yağış rejiminde bölgesel olarak farklılıkların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Yağış rejimindeki farklılıklara ilave olarak, artan sıcaklıklar da hidrolojik döngüyü etkilemekte ve yağışın yer, zaman, süre ve şiddeti olumsuz yönde etkilenmektedir. Türkiye için geçmiş yıllarda hazırlanmış olan iklim projeksiyonlarında, iklim değişikliğinin yağış değişkenliğini artıracığı ve buna bağlı olarak su kaynaklarının potansiyelini ve kullanılabilirliğini doğrudan etkileyeceği tahmin edilmektedir. Bununla birlikte, kuraklık ve su kıtlığı olasılığı ile yağış şiddetindeki değişikliğe bağlı olarak taşkın ve sel gibi afetlerin de artacağı öngörülmektedir. Bu bağlamda, her bölge ve ekosistemin etkileneceği iklim tehlikesi birbirinden farklılıklar gösterebilmektedir. Örneğin, adalar ve kıyılar deniz seviyesi yükselmesinden daha fazla etkilenecek iken, ormanlar, yangınlar ve kuraklıktan, sulak alanlar kuraklık ve şiddetli yağışlardan, kentler sıcak hava dalgaları ve sellerden daha fazla etkilenebilecektir. Yine her bir bölge ve ekosistemin uyum kapasitesi ile duyarlılığını arttıran iklim değişikliği dışındaki faktörler de farklıdır. Bu nedenle ülke genelinde her bir ekosistem için ayrı etkilenebilirlik ve risk analizi yapılması gerekmektedir. İklim değişikliğinin etkileri tüm dünyada olduğu gibi araştırma alanı olan Seyhan Havzası'nda da gözlenmektedir ve gelecekte daha etkin bir şekilde hissedilecektir.

Yapılan bu çalışma ile, iklim değişikliğine bağlı olarak, su kaynaklarını olumsuz yönde etkileyecek, olası muhtemel risklerin başında gelen meteorolojik kuraklık, şiddetli yağış, sıcak hava dalgası riskleri ve bu unsurlara dolaylı etkileri olan topografya etkisi için meteorolojik ve istatistiksel verilerin kullanılması ile CBS tabanlı Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanılarak havza genelinin risk değerlendirmesi yapılmış, risk unsurlarının öncelikli sıralaması yapılması ile birlikte, havzada alansal dağılımlar ve ağırlıklandırmalar belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlardaki alansal

dağılım risk derecelerine göre, havza genelinde sınırlar içerisinde kalan yerleşim yerleri ve su kaynakları tespit edilmiştir.

Çalışma sonucunda, ana risk unsurları için yapılan AHP analizinde öncelik ağırlıkları sıralaması, %55,79 ile meteorolojik kuraklık, %26,33 ile şiddetli yağış, %12,19 ile sıcak hava dalgası, %5,69 ile topografya olarak tespit edilmiştir. Elde edilen risk haritaları değerlendirildiğinde ise havzanın %11,7'sini kapsayan güney ve kıyı kesimlerinde çok yüksek kuraklık riski, %8,5'ini kapsayan orta kesimlerinde yüksek şiddetli yağış riski, %1,3'ini kapsayan güney ve kıyı kesimlerinde çok yüksek sıcak hava dalgası riski, %0,8'ini kapsayan güney orta kesimlerinde yüksek derecede topografya etkisi altında olduğu tespit edilmiştir.

İlçe bazlı değerlendirildiğinde ise havza genelinde, en riskli alanların, meteorolojik kuraklık için Karataş, Seyhan, Yüreğir, Sarıçam ve Çukurova ilçelerinde, şiddetli yağış için Feke ve Aladağ ilçelerinde, sıcak hava dalgası için Karataş ilçesinin batı bölümünde, topografya için Çukurova ilçesinde bulunduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışma ile meteorolojik kuraklık riski taşıyan su kıtlığı yaşanabilecek su kaynakları değerlendirildiğinde, havza genelinde, çok yüksek riskli alan içinde kalan su kaynakları Seyhan Baraj Gölü, Akyatan Gölü, Seyhan Nehri, Körkün Çayı, Çakıt suyu olarak karşımıza çıkmaktadır. Yine yüksek risk için bakıldığında Çatalan Baraj Gölü, Eğlence Çayı, Doğan Çayı ve Feke Baraj Gölü, Asmaca çayını uzantısı yer almaktadır. Seyhan Havzası sınırları içinde yer alan su kaynakları, şiddetli yağış riski için değerlendirildiğinde yüksek riskli alan içinde su kaynakları, Yedigöze Baraj Gölü, Feke Baraj Gölü, Doğançay, Kisenit Çayı, Asmaca Çayı, Salam Deresi, Bağdere yer almaktadır. Çalışmada Seyhan Havzası sınırları içinde yer alan su kaynakları, sıcak hava dalgası riski için değerlendirildiğinde çok yüksek riskli alan içinde su kaynağı olarak Akyatan Gölü ve Tuz Gölü yer almaktadır. Yüksek sıcak hava dalgası riski bulunan alanlara bakıldığında ise Seyhan Baraj Gölü ve Çatalan Baraj Gölü ile Çakıt Suyu, Körkün Çayı, Eğlence Çayı, Seyhan Nehri yer almaktadır. Ayrıca çalışmada, diğer iklimsel risklere eki eden topografya koşulları değerlendirilmek üzere topografik parametreler, analiz edilmiş ve havza geneli yüksek riskli alan içinde kalan su kaynağı olarak Seyhan Nehri ve Seyhan Baraj Gölü sonucu ortaya çıkmıştır. Burada su kaynağı verimine etki eden özellikle arazi kullanımı faktörü bu bölgedeki topografya etkisini ortaya çıkmıştır.

Sonuç olarak, yapılan çalışmada, Seyhan Havzası için tüm risk unsurlarının CBS tabanlı AHP analizi ile çakıştırılması sonucu ortaya konan toplam risk (meteorolojik kuraklık-şiddetli yağış-sıcak hava dalgası-topografya için) haritası değerlendirildiğinde, havzanın güney kıyı kesimleri ve orta kesimlerinde yer alan Seyhan, Yüreğir, Çukurova, Sarıçam, Karaisalı, Karataş, Feke ve Aladağ'ın bir bölümü meteorolojik kuraklık, şiddetli yağış, sıcak hava dalgası, topografya parametreleri için yüksek risk taşıdığı, orta kesimlerinde yer alan Pozantı, Aladağ, Saimbeyli, Tufanbeyli ilçelerinde orta risk taşıdığı, havzanın kuzeyi ve batısında yer alan Ulukışla, Çamardı, Tomarza, Pınarbaşı, Sarız ilçelerinde ise düşük risk taşıdığı tespit edilmiştir.

Çalışma sonucu yaşanması muhtemel iklim olayları genel olarak değerlendirildiğinde, kuraklık sonucu yaşanacak, su kullanım kısıtlamalarının yanı sıra, besin ve kirleticilerin daha az hacimdeki su içerisinde bulunmasından dolayı su kalitesinin bozulması ile karşı karşıya kalınabilecektir. Su sıcaklıklarındaki artış çözünmüş oksijen miktarını düşürecek, bu durum su kalitesini direk olarak etkileyecektir. Uzun süre devam eden kuraklık kirleticilerin toprak yüzeyinde birikmesine sebep verecek bu da yağışlar başladığında su kaynaklarının kalitesi için risk oluşturmaktadır. Su kaynaklarının azalmasının, doğal yaşam alanlarında bulunan bitki ve hayvan türlerinin yaşam alanlarını tehdit ettiği gerçeği ortaya çıkmaktadır. Hava sıcaklıkları ve yağışlardaki dalgalanmaların, kırsal kesimlerde özellikle çiftçilerin ürün miktarları ve buna bağlı olarak da gelirleri üzerinde olumsuz etkileri olmaktadır. Kentler ve kentlerde yaşayanlar, aynı iklim olayları karşısında kırsal kesimlerde yaşayanlardan farklı zorluklarla karşı karşıyadır. Kentler özellikle düzensiz yağış rejimi karşısında daha etkilenebilir durumdadır. Ani ve şiddetli yağışlar, kentin altyapısında aşırı yüklemeye neden olup sokaklarda ani taşkınlara, kanalizasyon ve su altyapılarında tahribata ve alçak kesimlerdeki ev ve işyerlerinde su baskınlarına yol açmaktadır. Buna karşılık, kuraklığın hakim olduğu dönemlerde, uzun süreli yağış eksikliği, su kaynaklarının aşırı kullanımına ve kronik su kesintilerine sebep olabilecektir. Bu nedenle risk tespiti yapılan alan ve kaynaklar için su tasarımı ve yönetimi, ağaçlandırma ve toprak koruma, güneş enerjisi ve diğer enerji kaynaklarının kullanımı, toplu eğitimler ve farkındalık yaratmak için yapılacak önlemler, erken uyarı sistemleri, hakkındaki öneriler uyum faaliyetleri bölümünde detaylı olarak anlatılmaya çalışılmıştır.

Çalışma sonuçlarında elde edilen bulgulardaki alansal ve bölgesel ayrımlar ile özellikle nüfus yoğunluğunun fazla olduğu kentsel ve daha düşük nüfus sahip kırsal alanlar ayrı ayrı değerlendirilerek, karar verici ve paydaşlara alınacak tedbirler ve uyum faaliyetleri konusunda ışık tutması amaçlanmıştır. Bu çalışma, CBS tabanlı Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanılması ile birden fazla risk unsurunu bir arada değerlendirme yaklaşımı yönünden farklılık yaratmıştır. Bu bilgiler ışığında, Seyhan Havzasında yapılabilecek yeni çalışmalar için araştırmacılara bir altyapı oluşturulmasına yardımcı olabilecektir. Ayrıca, havza genelindeki su kaynakları özelinde geliştirilmeye açık olan bu çalışma, özellikle iklim değişikliği uyum sürecinde rol alan kurumlarca yapılacak uyum faaliyetleri kapsamında gerekli önlemler alınması yönünden önem arz etmektedir.

6. KAYNAKLAR

1. Elajail, I.S.I., Sevik, H., Ozel, H.B. & Isik, B. (2022). Examining the chemical compositions of mineral concrete agents in terms of their environmental effects. *Fresenius Environmental Bulletin*, 31(9), 9784-9790.
2. Ghoma, WEO, Sevik, H. ve Isinkaralar, K. (2022). Tütün dumanı ile toksik metallerin tespiti için iç mekan bitkilerinin biyomonitör olarak kullanılması. *Hava Kalitesi, Atmosfer ve Sağlık*, 15(3), 415-424.
3. Nassar, Y.F., Salem, M.A., Iessa, K.R., AlShareef, I.M., Ali, K.A. & Fakher, M.A.(2021). Estimation of CO₂ emission factor for the energy industry sector in libya: a case study. *Environment, Development and Sustainability*, 23(9), 13998-14026.
4. Varol, T., Canturk, U., Cetin, M., Ozel, H.B., Sevik, H. (2021a) Impacts of climate change scenarios on European ash tree (*Fraxinus excelsior* L.) in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 491(2021a) 119199.
5. Varol, T., Ozel, H.B., Ertugrul, M., Emir, T., Tunay, M., Cetin, M. & Sevik, H. (2021b). Prediction of soil-bearing capacity on forest roads by statistical approaches. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(8), 527.
6. Aslam, B., Hu, J., Ali, S., AlGarni, T.S. & Abdullah, M.A. (2022). Malaysia's economic growth, consumption of oil, industry and CO₂ emissions: evidence from the ARDL model. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(4), 3189-3200.
7. Chia, S.R., Chew, K.W., Leong, H.Y., Ho, S.H., Munawaroh, H.S.H. & Show, P.L. (2021). CO₂ mitigation and phycoremediation of industrial flue gas and wastewater via microalgae-bacteria consortium: Possibilities and challenges. *Chemical Engineering Journal*, 425, 131436.
8. Sovacool, B.K., Griffiths, S., Kim, J. & Bazilian, M. (2021). Climate change and industrial F-gases: A critical and systematic review of developments, sociotechnical systems and policy options for reducing synthetic greenhouse gas emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 141, 110759.
9. Tokmakçı, M., Bilgili, M. ve Pınar, E. (2025). Küresel iklim değişikliği ve iklim göstergelerindeki tarihsel eğilimler. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 40(1), 127-140.
10. Nacar, S. (2020). İklim değişikliğinin doğu karadeniz havzası sıcaklık ve yağış parametreleri üzerindeki olası etkilerinin incelenmesi. *Doktora tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
11. Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Proussevitch, A.A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S.E., Sullivan, C., Liermann, C.R. & Davies, P.M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467(7315), 555-561.
12. URL-1.(2023, Haziran 5). 2022 Raporu: https://cdn.nys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/Sayfa/759/1107/DosyaGaleri/d_Faaliyetsi2022faaliyetrporu.pdf adresinden alınmıştır.
13. URL-2 (2023, Haziran 5). Toprak [https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754#:~:text=Ülkemizde Su kişi Kaynakları: başına kullanılabilir, yaşıyan ülkeler arasında yer almaktadır](https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754#:~:text=Ülkemizde Su kişi Kaynakları: başına kullanılabilir, yaşıyan ülkeler arasında yer almaktadır adresinden alınmıştır) adresinden alınmıştır.
14. Merkepçi, M. (2025). Seyhan Havzası'nda yer alan üç istasyon için yapay sinir ağı kullanarak akış modeli geliştirilmesi üzerine bir çalışma. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 40(2), 453-461.
15. Saaty, T.L. (1980). *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw Hill. Pittsburgh: RWS Publications.
16. Saaty, T.L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.
17. Goepel, K.D. (2018). Implementation of an online software tool for the analytic hierarchy process (AHPOS). *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 10(3), 469.

18. Harmancıoğlu, N., Özkul, S., Fıstıkoğlu, O., Barbaros, F., Onuşluel, G., Çetinkaya, C.P. ve Dalkılıç, Y. (2007). İklim değişikliğinin Büyük Menderes ve Gediz havzalarına olası etkileri. *İklim Değişikliği & Türkiye*, BM Kalkınma Programı.
19. Ekmekçi, M. (2008). Jeolojik geçmişten günümüze iklim değişiklikleri: küresel iklim değişimi ve Türkiye. *TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu*, 13-14 Mart, Ankara, 726.
20. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (2019). *Kuraklık Yönetim Planı*.
21. Zimba, I. ve Acar, Z. (2021). Ege Bölgesi'ndeki şiddetli yağışlar. *İzmir Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(2), 165-174.
22. Collins, M., Knutti, R. & Arblaster, J. (2013). Long-term Climate Change: projections, commitments and irreversibility. In: *Climate Change The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin & G.-K. Plattner, et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, U K and New York, NY, USA.
23. Kuglitsch, F.G., Toreti, A., Xoplaki, E., Della-Marta, P.M., Zerefos, C.S., Türkeş, M. & Luterbacher, J. (2010). Heat wave changes in the eastern Mediterranean since 1960. *Geophysical Research Letters*, 37, 1-5.

