



MDAG

M U L T I D I S C I P L I N A R Y
A P P R O A C H E S W I T H G E O G R A P H Y

Başvuru 27.03.2025 Received | Kabul 03.09.2025 Accepted

E-ISSN:2980-1141 | <https://www.mdag.com.tr>

Cilt 3, Sayı 3 (2025), ss. 187-206.

Doi., <https://doi.org/10.29329/mdag.2025.1364.2>



Atıf Bilgisi / Reference Information

Sabancı, S. Yarı Kurak Geçiş Bölgelerinde İklimsel Dinamiklerin Değerlendirilmesi: Siirt İli Örneği, *Multidisipliner Yaklaşımlarla*

Coğrafya Dergisi, 3 (3), Eylül, 2025 187-206

Yarı Kurak Geçiş Bölgelerinde İklimsel Dinamiklerin Değerlendirilmesi: Siirt İli Örneği

Climatic Dynamics and Aridity Trends in a Semi-Arid Transition Zone: A Case Study of Siirt Province

Serkan SABANCI

(Dr. Öğr. Üyesi, Siirt Üni. Fen-Edeb. Fak. Coğr.
E.mai:sabanciserkan@gmail.com, Orcid ID: 0009-
0002-6008-5213)

ÖZET

Bu çalışmanın temel amacı, Siirt ilinin iklim özelliklerini farklı iklim sınıflandırma yöntemleriyle çok boyutlu ve karşılaştırmalı bir şekilde analiz etmektir. Bu kapsamda Köppen-Geiger, Trewartha, Bergeron, Aydeniz, de Martonne, Thornthwaite, Erinc, Holdridge, UNESCO-FAO, Conrad-Pollak, UNEP ve Lang gibi çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, Siirt'in genel olarak yarı kurak (semi-arid) ile kurak (arid) iklim zonu arasında bir geçiş alanında yer aldığı belirlenmiştir. Özellikle son 30 yıllık dönemde kuraklık eğiliminin belirgin bir artış gösterdiği saptanmıştır. Köppen-Geiger ve Trewartha yöntemleri bölgenin sıcak yazlı Akdeniz iklimi özelliklerini vurgularken, Bergeron ve Conrad-Pollak yöntemleri karasallık etkilerini ön plana çıkarmıştır. Kuraklık indeksleri olan Aydeniz, de Martonne, Erinc ve UNEP yöntemleri ise bölgedeki su kıtlığına dikkat çekmiş, gelecekte daha yoğun kuraklık dönemleri yaşanabileceğini göstermiştir. Thornthwaite ve FAO-56 gibi evapotranspirasyon temelli analizler, yaz aylarında buharlaşmanın yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Bu iklimsel koşulların tarım üzerindeki etkileri incelendiğinde, kuraklığa dayanıklı üretim tekniklerinin ve sulama yatırımlarının önemi bir kez daha ortaya çıkmıştır. Ayrıca iklimsel değişimlerin turizm üzerindeki etkileri değerlendirilmiş; ilkbahar ve sonbahar aylarının turizm açısından daha uygun olduğu belirlenmiştir. Çalışma, iklim temelli planlama ve uyum stratejileri için örnek bir model sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kuraklık, Evapotranspirasyon, Biyoiklim, Siirt İklimi, IPCC Senaryoları

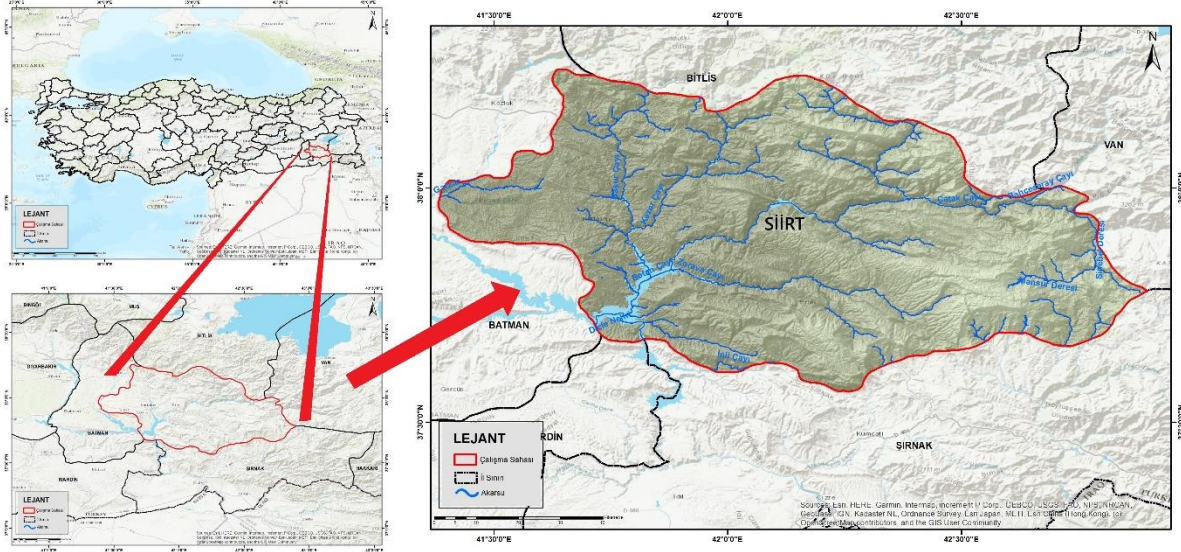
ABSTRACT

This study aims to provide a multidimensional and comparative assessment of the climatic conditions in Siirt province using various classification methods. A total of thirteen methods-including Köppen-Geiger, Trewartha, Bergeron, Aydeniz, de Martonne, Thornthwaite, Erinc, Holdridge, UNESCO-FAO, Conrad-Pollak, UNEP, and Lang-were employed to analyze different aspects of the region's climate. The results indicate that Siirt lies in a transition zone between semi-arid and arid conditions, with a clear trend of increasing drought over the past 30 years. Köppen-Geiger and Trewartha classified the area as a hot-summer Mediterranean climate, while Bergeron and Conrad-Pollak emphasized increasing continental effects. Drought indices such as de Martonne, Erinc, and UNEP pointed to more frequent and intense dry periods. Evapotranspiration-based approaches like Thornthwaite and FAO-56 revealed high summer water stress. These climatic characteristics pose risks for agriculture, emphasizing the need for drought-resistant practices and efficient irrigation. Additionally, tourism in the region is affected by extreme heat in summer, while spring and autumn offer more favorable conditions. This study contributes to climate-based planning strategies and provides a methodological framework applicable to other regions facing similar environmental challenges, supporting climate adaptation and sustainable development efforts.

Keywords: Drought, Evapotranspiration, Bioclimatology, Siirt Climate, IPCC Scenarios

Giriş

İklim değişikliği, günümüzün en önemli çevresel ve sosyoekonomik problemlerinden biri olarak küresel ölçekte etkilerini giderek daha şiddetli biçimde hissettirmektedir. Bu durum, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerdeki ekosistemlerin hassasiyetini artırmakta ve sürdürülebilir kalkınma politikalarını zorunlu kılmaktadır (IPCC, 2021). Akdeniz havzasında yer alan Türkiye, küresel iklim değişikliğine en duyarlı bölgelerden biri olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi içinde yer alan Siirt ili, yarı kurak iklim özellikleri ve hassas ekosistemleriyle önemli bir çalışma alanı teşkil etmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma Sahasının Konumu

Siirt ili, coğrafi konumu nedeniyle sıcak yazlar ve ılıman kışlar arasında belirgin mevsimsel kontrastlarla karakterize edilen bir iklime sahiptir (MGM, 2016). İlin iklimsel koşulları, tarım, hayvancılık, ormancılık ve turizm gibi ekonomik faaliyetleri doğrudan etkilemektedir (Fischer vd., 2002; FAO, 2017). Özellikle son yıllarda artan kuraklık, tarımsal verimliliği düşürerek bölgesel kalkınma politikalarını olumsuz yönde etkilemeye başlamıştır. Bu durum, iklim değişikliğinin bölgesel ölçekteki etkilerini anlamak ve sürdürülebilir stratejiler geliştirmek adına çok yönlü ve disiplinler arası iklim değerlendirme çalışmalarını kaçınılmaz kılmaktadır (Greve vd., 2015).

Bu çalışmada kullanılan yöntemler alfabetik sırayla; Aydeniz (MGM, 2024), Bergeron (Barry ve Chorley, 2003), Conrad-Pollak (Conrad, 1941; Conrad ve Pollak, 1950; Sheridan, 2002), de Martonne (de Martonne, 1926; 1942), Erinc (Erinc, 1965; 1966; 1977), Holdridge (Holdridge, 1967), Köppen-Geiger (Köppen, 1936; Peel vd., 2007), Lang (Quan vd., 2013; Diouf vd., 2016, 2018; Nistor vd., 2020; Prodanova vd., 2024), Thornthwaite (1948; Thornthwaite ve Mather, 1955), Trewartha (Trewartha, 1954; 1980; Kottek vd., 2006), UNEP (UNESCO, 1979; Middleton, Thomas ve UNEP, 1997) ve UNESCO-FAO (Velthuisen vd., 2007) şeklindedir.

Çalışmada kullanılan farklı yöntemlerin entegrasyonu, bölge için geniş kapsamlı ve tutarlı değerlendirmeler yapma imkânı sunmaktadır. Bu sınıflandırmalar, bölgenin mevcut ve gelecekteki iklimsel koşullarının çok boyutlu olarak analiz edilmesi için kritik bir altyapı sağlamaktadır. Siirt'in sahip olduğu iklim özellikleri, tarımsal üretimde önemli avantajlar ve dezavantajlar oluşturmaktadır. Yaz aylarında yaşanan aşırı sıcaklık ve düşük yağış rejimleri, su kaynakları üzerinde ciddi baskılar



oluşturmaktadır (Allen vd., 1998). Bölgede sulama yöntemleri ve su yönetim stratejilerinin optimize edilmesi, kuraklıkla mücadelede önemli bir rol oynamaktadır. Damla sulama, yağmur suyu hasadı gibi tekniklerin yanı sıra, bölgenin agroekolojik kapasitesini artıracak kuraklık toleranslı ürün çeşitlerinin kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir (FAO, 2017). İklim koşulları ayrıca bölgesel turizm faaliyetleri üzerinde de önemli etkilere sahiptir. İlkbahar ve sonbahar aylarının nispeten daha ılıman ve yağışlı olması, bu dönemlerde ekoturizm, kültür turizmi ve doğa turizmi faaliyetleri için fırsatlar sunmaktadır (Larcher, 2003). Bununla birlikte, yaz aylarında yaşanan aşırı sıcaklık ve kuraklık, turizm potansiyelini sınırlandırmakta ve bölgenin turizm ekonomisi üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu bağlamda, bölgenin iklim koşullarına uygun turizm sezonlarının belirlenmesi ve bu dönemlerin tanıtım kampanyalarında öne çıkarılması gerekmektedir. İklim değişikliği senaryoları, özellikle IPCC tarafından geliştirilen SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 gibi modeller, Siirt ili için gelecekteki iklim koşullarının daha da zorlu hale gelebileceğini ortaya koymaktadır (IPCC, 2021). Bu senaryolar, bölgenin enerji ve su dengesinde önemli sorunların ortaya çıkabileceğini ve mevcut ekonomik faaliyetlerin sürdürülebilirliğini tehdit edeceğini işaret etmektedir. Bu nedenle, bölgesel ölçekli, yüksek çözünürlüklü iklim projeksiyonlarının oluşturulması, kuraklık yönetim stratejilerinin geliştirilmesi ve arazi kullanım politikalarının gözden geçirilmesi kritik önem arz etmektedir.

Bu çalışma, Siirt ili özelinde farklı iklim sınıflama yöntemlerinin karşılaştırmalı analizini yaparak, bölgenin iklim karakterini disiplinler arası bir perspektifle değerlendirmektedir. Çalışmanın temel amacı, bölgeye özgü iklim yönetimi, ekonomik faaliyetlerin sürdürülebilirliği ve turizm potansiyelini destekleyecek stratejik öneriler geliştirmektir. Ayrıca çalışma, iklim sınıflandırma yöntemlerinin bütüncül olarak değerlendirilmesi açısından metodolojik bir model oluşturarak literatüre önemli bir katkı sağlamaktadır. Böylece Siirt ve benzeri özelliklere sahip bölgelerde iklim değişikliği ve sürdürülebilir kalkınma arasındaki ilişkileri daha iyi anlamaya ve yönetmeye yönelik temel bilimsel çerçeveyi güçlendirmektedir. Sonuç olarak, bu çalışmada temel gerekçeler, teorik çerçeve ve beklenen bilimsel katkılar açıkça ortaya konmuş olup, Siirt ili için iklim değişikliği bağlamında kapsamlı ve entegre bir değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Bu değerlendirme, bölgesel sürdürülebilir kalkınma politikalarının oluşturulması ve uygulanması için önemli bir bilimsel referans teşkil edecektir.



MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, Siirt ili iklim koşullarının çok yönlü analizini gerçekleştirmek amacıyla farklı iklim sınıflandırma sistemleri ve kuraklık/nemlilik indeksleri birlikte değerlendirilmiştir. Kullanılan yöntemler; sıcaklık, yağış, evapotranspirasyon ve iklimsel eşik değerlere dayalı olarak geliştirilmiş olup, hem küresel hem de bölgesel ölçekte geçerliliği kabul edilen sistemleri kapsamaktadır. Çalışmada Aydeniz, Bergeron, Budyko, de Martonne, Erinç, FAO-56 Penman-Monteith, Holdridge, Köppen-Geiger, Lang, Rivas-Martínez, Strahler, Thornthwaite, Trewartha, UNEP, UNESCO-FAO gibi yöntemler kullanılarak, bölgenin iklimsel yapısı, kuraklık eğilimleri ve biyoklimatik özellikleri grafik ve diyagramlar aracılığıyla görselleştirilmiştir. Bu yöntemlere ilişkin formüller, semboller ve uygulama alanları Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan İklimsel ve Kuraklık İndeksleri ile Biyoklimatik Sınıflandırma Yöntemleri

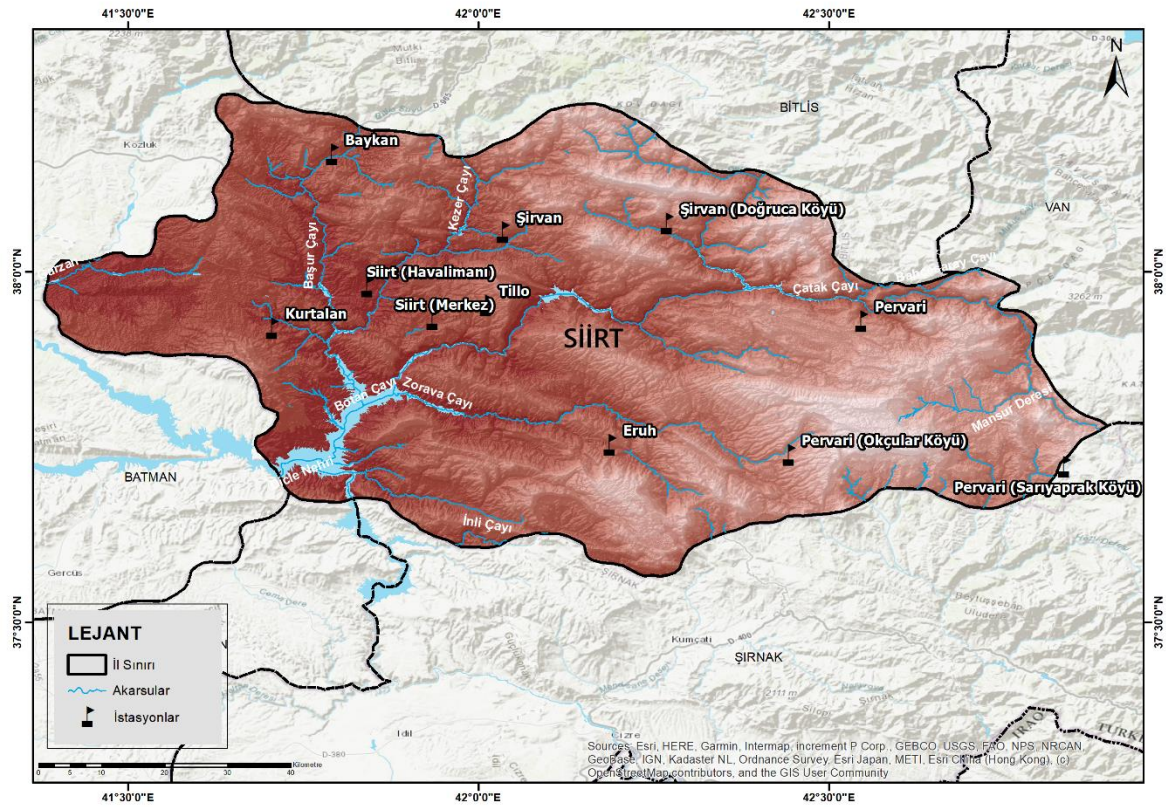
Yöntem	Formül / Yöntem	Semboller ve Açıklamaları	Uygulama Alanı	Kaynak / Referans
Aydeniz Kuraklık Katsayısı	$Kks = P / (T * n)$	Kks: Kuraklık katsayısı, P: Yağış (mm), T: Sıcaklık (°C), n: yıl	Yıllık/aylık kuraklık belirleme	DMİ (MGM), 1988; MGM, 2024
Bergeron	Hava kütleleri, termal-nem yapı	Nem, sıcaklık, hava kütlelerinin kökeni	Hava kütlesi – nem sınıfı	Bergeron, 1928
Budyko Modeli	$AET = PET * f(P/PET)$	PET: Potansiyel evapotranspirasyon, AET: Gerçek ET, f: oran fonksiyonu	PET-AET ilişkisi ve su dengesi	Greve vd., 2015
Conrad-Pollak	$I = P / (T + 10) \pm r$	P: Yağış, T: Sıcaklık, r: aylık ort. yağış farkı	Kuraklık/nem eğilim analizi	Conrad, 1941; Conrad ve Pollak, 1950
de Martonne	$I = P / (T + 10)$	P: Yağış, T: Sıcaklık	Kuraklık zon sınıflaması	de Martonne, 1926; 1942
Emberger	$Q = (1000 \times P) / (T_{max}^2 - T_{min}^2)$	P: Yağış (mm), T _{max} : Maks. sıcaklık, T _{min} : Min. sıcaklık	Akdeniz iklim zonlaması	Emberger, 1955
Erinç Nemlilik İndisi	$I = (P / (T + 10)) \times 100$	P: Yağış, T: Sıcaklık	Türkiye'ye özgü nemlilik değerlendirilmesi	Erinç, 1965; 1966; 1977
FAO-56 Penman-Monteith	ET ₀ hesaplaması (FAO-56 kılavuzu)	ET ₀ : Referans evapotranspirasyon	Referans evapotranspirasyon	Allen vd., 1998
Holdridge	PET, biyotemperature yıllık yağış	PET: Potansiyel ET, biyotemperature: biyolojik sıcaklık	Ekosistem modelleme	Holdridge, 1967
Holdridge Life Zone	PET/Yağış, biyotemperature zonlar	PET: Potansiyel ET, biyotemperature: biyolojik sıcaklık	Ekolojik zon haritalama	Holdridge, 1967
Köppen-Geiger	Sıcaklık + yağış sezonluğu	T: Sıcaklık, P: Yağış, aylık ort. değerler	Küresel sınıflama	Köppen, 1936; Peel vd., 2007
Lang İndeksi	$I = P / T$	P: Yağış, T: Sıcaklık	Yıllık nemlilik tespiti	Quan vd., 2013; Diouf vd., 2016; 2018; Nistor vd., 2020
Rivas-Martínez	Termik + ombrotip zonları	T: Sıcaklık, P: Yağış, Ombrotip: nemlilik derecesi	Fitocoğrafya + biyoklim sınıflama	Rivas-Martínez, 1999
Strahler	Yağış + sıcaklık mevsimselliği	P: Yağış, T: Sıcaklık, mevsimsel değişim	Dinamik iklim sınıflama	Strahler, 1969
Thornthwaite	$PET = 16 * (10 * T / I)^a$	T: Ortalama sıcaklık, I: yıllık ısı indeksi, a: empirik sabit	Aylık su bütçesi analizleri	Thornthwaite, 1948; Thornthwaite ve Mather, 1955



Yöntem	Formül / Yöntem	Semboller ve Açıklamaları	Uygulama Alanı	Kaynak / Referans
Trewartha	Ay bazlı termal nem eşikleri	T: Sıcaklık, P: Yağış, geçiş zon eşikleri	Geçiş zonu ve termal eşik analizi	Trewartha, 1954
UNEP Aridity Index	$AI = P / PET$	P: Yağış (mm), PET: Potansiyel evapotranspirasyon	PET temelli kuraklık analizleri	Middleton vd., 1997
UNESCO-FAO	Yağış + sıcaklığa dayalı agroekolojik zonlar	P: Yağış, T: Sıcaklık, sınıf sınırları farklı	Arazi kullanım planlaması	FAO, 1976
Walter-Lieth	P ve T grafiği (P < 2T: kurak dönem)	P: Yağış, T: Sıcaklık. Kurak dönem: P < 2T	Vejetasyon-iklim uyumu	Walter ve Lieth, 1967

Veri Kaynakları

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından sağlanan günlük, aylık, yıllık sıcaklık (°C), yağış (mm) ve bülten verileri (Uzun dönemli kıyaslamalar için Siirt (1939-2024), Siirt Havalimanı, Tillo, Pervari, Pervari (Okçular Köyü), Eruh, Şirvan, Şirvan (Doğruca Köyü), Kurtalan ve Baykan istasyonları) kullanılmıştır (MGM, 2025); (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma İçin Kullanılan Meteoroloji İstasyonları

Analiz Yöntemleri

- Kuraklık/Nemlilik İndeksleri: de Martonne, Aydeniz, Erinc, UNEP, Lang.
- İklimsel Su Dengesi ve Evapotranspirasyon: Thornthwaite su bütçesi, FAO-56 ETo analizi, Budyko hipotezi.
- Biyoiklimatik Sınıflandırmalar: Holdridge Life Zone, UNESCO-FAO zonları, Rivas-Martínez biyoiklim sistemleri.

- Dinamik-Kökenli Yaklaşımlar: Strahler ve Bergeron hava kütlesi temelli iklim sınıflamaları.
- Küresel Sınıflandırmalar: Köppen-Geiger ve Trewartha sistemleri.

Bu çok yönlü analiz yaklaşımı, bölgenin sadece mevcut iklim yapısını değil; aynı zamanda uzun dönemli kuraklık eğilimlerini, su stresi dinamiklerini ve iklime dayalı arazi kullanım potansiyelini de ortaya koymaktadır. Grafik ve şekiller, istatistiksel testlerle desteklenmiş; yöntemsel bütünlük, görsel açıklık ve bilimsel geçerlilik temel alınarak hazırlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. İklimsel Değerlendirme Sürecine Ait Genel Yöntemsel İş Akışı

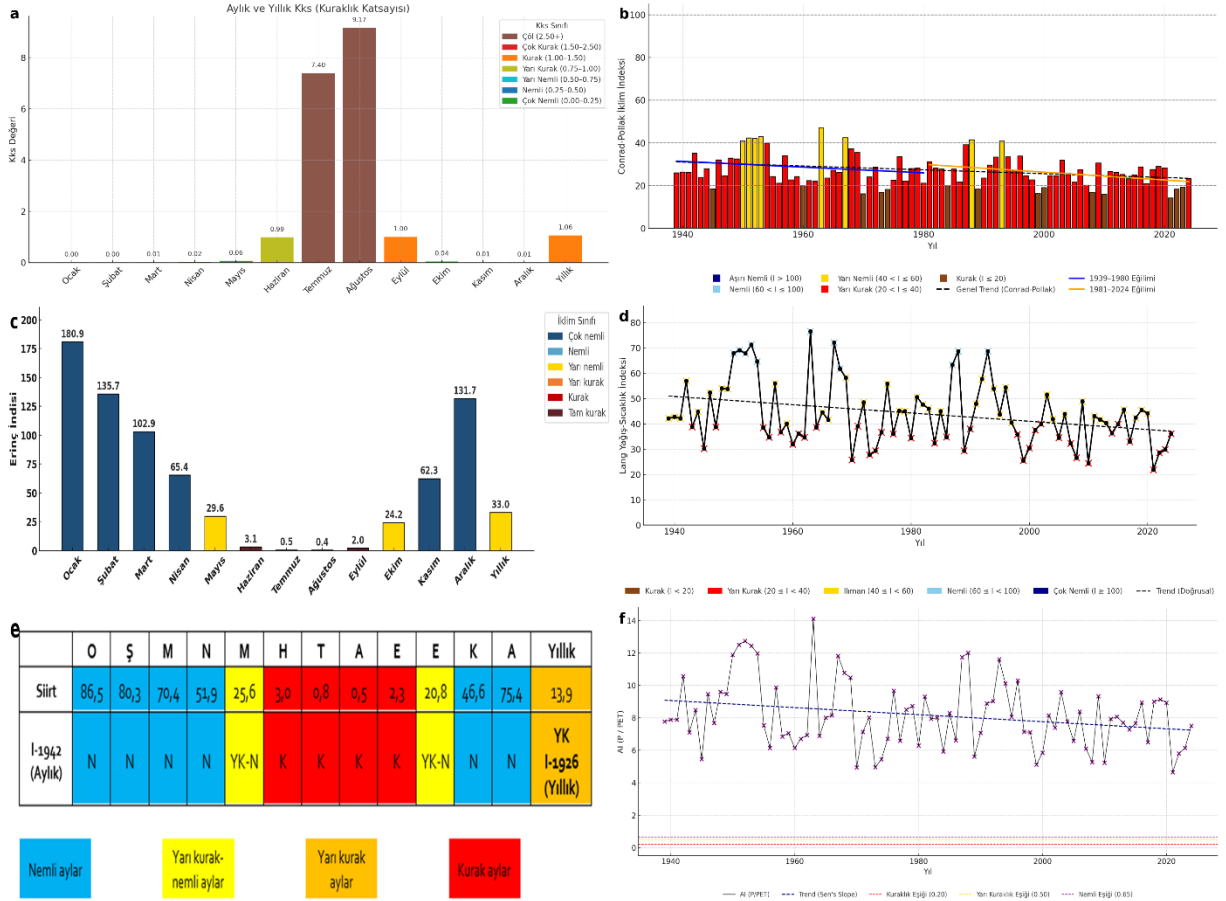
BULGULAR

1. Kuraklık ve Nemlilik Eğilimlerinin Çoklu İklim İndeksleriyle Değerlendirilmesi

Şekil 4-a Aydeniz Kks (kuraklık katsayısı), özellikle Temmuz (7.40) ve Ağustos (9.17) aylarında Kks değerlerinin 2.5'in çok üzerine çıkarak bölgenin “çöl iklimi” sınıfına yaklaştığını göstermektedir. Yıllık ortalama 1.06 ile “kurak” sınıfı içinde yer alan Siirt, yaz aylarında belirgin buharlaşma ve nem eksikliği yaşamaktadır. Şekil 4-b Conrad-Pollak iklim indeksi, yıllar içinde ılıman-nemli değerlerden uzaklaşarak daha düşük, kuraklığa yakın değerlere evrilmiştir. 1960 öncesi pozitif sınıf değerleri, 2000 sonrası dönemde yerini negatif eğilimlere bırakmış ve iklimsel nemlilikte düşüş gözlenmiştir. Şekil 4-c Erinc nemlilik indeksi, Türkiye iklim koşullarına özgü olarak geliştirilmiştir. Bu indeks, yağış ve sıcaklık verilerini birleştirerek nemlilik düzeylerini nicel olarak değerlendirmektedir (Erinç, 1965; 1977; 1996). Erinç aylık sınıflandırmasına göre, Mayıs ve Ekim ayları “yarı nemli”, Haziran-Eylül



ayları “kurak/tam kurak”, kış ve bahar ayları ise “çok nemli” sınıfa girmektedir. Yıllık 33.0 indeks değerine göre ise yarı nemli sınırının alt sınırına yakındır. Erinç İndeksi özellikle Türkiye koşullarına uygun geliştirilmiş olup, dönemsel nemlilik-kuraklık geçişlerinin saptanmasında etkilidir. Bu yüzden yıllık değerlendirmeden ziyade aylık değerlendirme için daha uygundur. Şekil 4-d Lang yağış-sıcaklık indeksi, yağışın sıcaklıkla doğrudan oranlanması esasına dayanmaktadır. Yıllık ortalamalar üzerinden kuraklık sınıflarını belirlemektedir. 1980 sonrası değerlerin çoğunlukla yarı kurak ve kurak eşiklerde seyrettiğini göstermekte, bu da uzun dönemli kuraklık eğilimini desteklemektedir. 1950-1980 arasında bazı yıllar nemli-ılıman sınıflarda, 2000 sonrası ise çoğunlukla yarı kurak ve kurak yıllar öne çıkmaktadır. Negatif doğrusal eğilim, uzun vadeli kuraklık eğilimini desteklemektedir. Bu indeksin sade formülü sayesinde uzun dönemli eğilim analizleri için oldukça uygundur. Şekil 4-e, yıllık bazda toplam yağışın sıcaklıkla normalize edilmesi yoluyla hesaplanan de Martonne-Gottmann kuraklık indeksi, bölgedeki genel kuraklık eğilimini ortaya koymaktadır (de Martonne, 1926; 1942). Aylık değerler üzerinden yapılan sınıflandırmada, Siirt’te Mart-Mayıs ve Eylül ayları yarı kurak-nemli, Haziran-Ağustos ayları ise açık şekilde kurak olarak sınıflandırılmıştır. Yıllık Ortalama (1926 metodu) 13.9 ile açıkça yarı kurak-kurak sınıfa girmektedir. Bu indeks hem yıllık hem de mevsimsel su stresini göstermek açısından güvenilirdir. Şekil 4-f UNEP kuraklık indeksi, yıllık yağış miktarının potansiyel evapotranspirasyona oranlanmasıyla elde edilir. Su stresi koşullarını vurgulamaktadır. UNEP AI değerlerinin yıllar içinde giderek azaldığı, PET’in artmasıyla birlikte kuraklık baskısının yoğunlaştığı görülmektedir. Bu durum, artan sıcaklıkların su döngüsüne olan etkisini doğrudan yansıtmaktadır. 1939-2024 arasında UNEP AI değerleri genellikle 8-12 arasında seyretmiş, fakat Sen’s Slope eğilimi negatif olup, aritmetik ortalama azalan bir kuraklık eğilimi göstermektedir. AI değeri yüksek PET etkisini içerdiğinden, sıcaklığın arttığı dönemlerde kuraklık daha şiddetli görünmektedir. Lang ve UNEP indeksleri trend analizlerinde azalan eğilim, yaz aylarında ciddi kuraklık derecelerini açıkça göstermektedir. de Martonne ve Erinç indeksleri ise hem mevsimsel hem de yıllık bazda daha tanımlayıcı sonuçlar sunmaktadır. Bu değerlendirme, iklim değişikliği etkisi altında Siirt ve benzeri yarı-kurak bölgelerde su kaynaklarının planlanması, tarımsal stratejilerin belirlenmesi ve kuraklığa dirençli yönetim modellerinin oluşturulması açısından önemlidir. 6 farklı kuraklık/nemlilik indeksi birbirini büyük ölçüde desteklemekte olup, Siirt’te özellikle Haziran-Eylül aylarında ciddi bir su açığı ve kuraklık riski bulunmaktadır. 2000 sonrası hem yıllık hem de aylık değerlerde kuraklık yönünde belirgin bir eğilim ortaya çıkmıştır (Şekil 4). Bu altı indeksin birlikte değerlendirilmesi, Siirt ilinde özellikle son 30 yıllık süreçte kuraklık karakterinin güçlendiğini ve bölgenin su bütçesinde ciddi açıklar oluştuğunu göstermektedir. İklimsel kuraklık göstergeleri arasındaki uyum, meteorolojik kuraklıkların artan sıcaklıklarla birlikte daha karmaşık ve uzun süreli hale geldiğini desteklemektedir. Bu bulgular, hem tarımsal üretim hem de sürdürülebilir su kaynakları yönetimi açısından ciddi risklerin habercisidir. Grafikler, bölgenin hidroklimatik dengesizliklerini, mevsimsel kuraklık baskılarını ve zamanla gelişen aridite eğilimlerini farklı metodolojik çerçevelerden inceleyerek çok yönlü bir kıyaslama imkânı sunmaktadır.



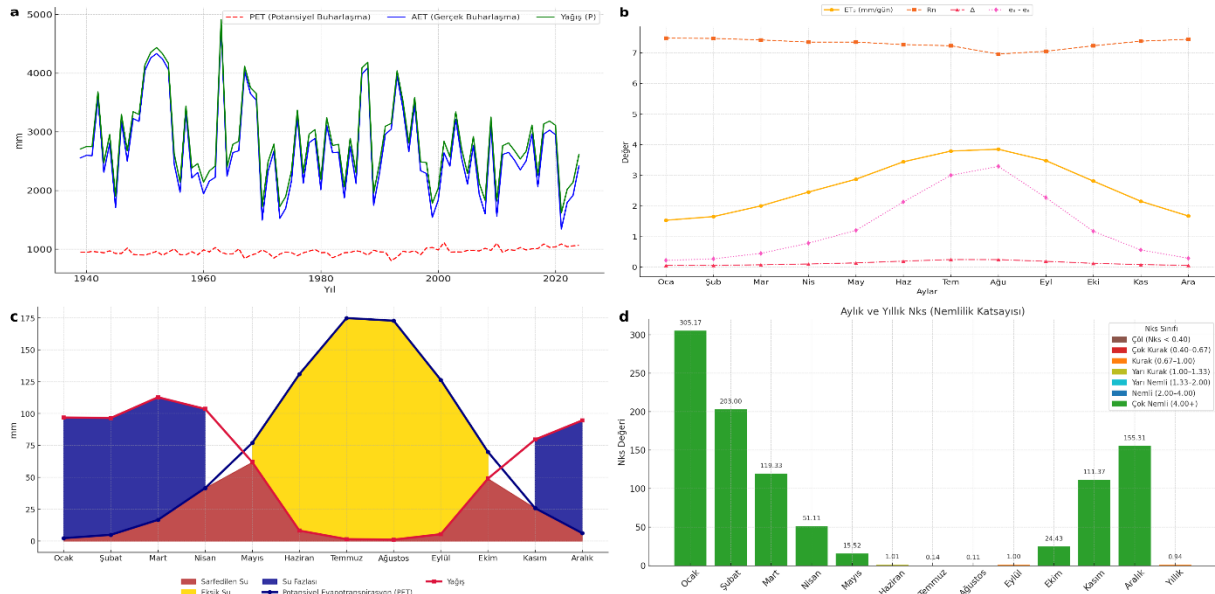
Şekil 4. Siirt İlinde Kuraklık ve Nemlilik Eğilimleri (a. Aydeniz Kuraklık Katsayısı, b. Conrad-Pollak Kuraklık Eğilimi, c. Erineç Kuraklık ve Nemlilik İndisi, d. Lang Yağış-Sıcaklık (Nemlilik) İndeksi, e. de Martonne Kuraklık İndisi f. UNEP Kuraklık İndisi)

2. Evapotranspirasyon ve Nemlilik Ekseninde Su Stresi Göstergeleri

Şekil 5-a FAO-56 Penman-Monteith Yöntemine uzun dönemli (yaklaşık 85 yıl) yıllık iklimsel su döngüsü bileşenlerini karşılaştırmaktadır. PET (potansiyel buharlaşma) kırmızı kesikli çizgi ile gösterilmiş olup sabit düşük seviyelerde kalmıştır. Ancak değerlerin görsel olarak düşük görünmesinin sebebi grafikteki ölçek farkıdır. Yağış ve AET (Gerçek Evapotranspirasyon): Büyük oranda örtüşen mavi ve yeşil eğriler, Siirt'te yıllar içerisinde yağışın büyük oranda AET'yi belirlediğini göstermektedir. Özellikle 1980 sonrası, yağış miktarında dalgalanmalar gözlemlenmiş, bazı yıllarda dramatik düşüşler yaşanmıştır. Bu durum, su kıtlığına neden olabilecek kurak dönemlerin göstergesidir. AET'nin sabit kalmasına rağmen, PET ile AET arasındaki farkın artması, su stresi koşullarının güçlendiğini ve toprak neminin karşılanamayan buharlaşma ihtiyacı doğurduğunu gösterir (Allen vd., 1998). Şekil 5-b aylık ET_0 , Net Radyasyon (R_n) ve doymuluk buhar basıncı eğimleri, su kayıplarının temel nedenlerini ayırtırmaktadır. En yüksek ET_0 (evapotranspirasyon talebi) Haziran-Ağustos döneminde zirve yapmaktadır. Net radyasyon (R_n) eğrisi, sıcak mevsimlerde güneşlenme süresi ve radyatif enerji artışına paralel olarak yükselmekte, buharlaşmayı desteklemektedir. Doymuluk buhar basıncı farkı ($e_s - e_a$), atmosferin nem taşıma kapasitesini gösterir ve yaz aylarında artarak bitki terlemesi ve buharlaşmanın hızlandığını ortaya koyar (Houngue vd., 2019). Bu bileşenler birlikte değerlendirildiğinde, tarımsal üretim için kritik ayların su açığı ve buharlaşma baskısıyla karşı karşıya olduğu söylenebilir (IPCC, 2021). Şekil 5-c Thornthwaite yöntemiyle aylık su açığı, fazlası ve etkin kullanım grafiği, tarımsal ve hidrolojik planlama için kritik su bütçesi bileşenlerini detaylandırır. Sarı



bölge (Sarf edilen su), bitkilerin su ihtiyacı için kullanılan suyu temsil eder. Mayıs-Eylül arasında bu miktar çok yüksektir. Kırmızı bölge (su açığı), özellikle Haziran-Eylül arası su ihtiyacının karşılanamadığına işaret eder. Mavi bölge (su fazlası, sadece Aralık-Şubat aylarında görülen sınırlı su fazlası, suyun yeraltına sızma veya yüzey akışıyla kaybına yol açabilir. Bu durum, su toplama ve depolama stratejilerinin sadece kış aylarına dayalı planlanamayacağını, yaz aylarında ise düşük su varlığına karşı direncin artırılması gerektiğini göstermektedir (FAO, 2017). Şekil 5-d Aydeniz nemlilik katsayısına göre aylık ve yıllık sınıflama grafiğine göre, her ay için Aydeniz yöntemiyle hesaplanan Kks değerlerini sınıflandırır. Ocak (305.17) ve Şubat (203.00) gibi aylar çok nemli, yaz ayları (Haziran-Eylül) ise aşırı kurak olarak sınıflanmıştır. Haziran-Ağustos arası değerler, “0.01-0.25” arasında olup “çok kurak” sınıfına girmektedir. Yıllık ortalama nemlilik katsayısı 0.984 olup “kurak” sınırındadır. Bu da, yıllık ortalamalara dayalı değerlendirmelerin yanıltıcı olabileceğini ve aylık analizlerin daha açıklayıcı olduğunu gösterir. Bu dört grafik birlikte değerlendirildiğinde, Siirt ilinde kuraklık riski giderek artmakta, özellikle yaz aylarında evapotranspirasyonun artması, yağış yetersizliği, yüksek sıcaklıklar, düşük nemlilik ve su açığı gibi etkenlerle birleşerek tarımsal üretimi ve doğal ekosistemleri tehdit etmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Siirt İli'nde Evapotranspirasyon ve Su Dengesi Analizleri (a. FAO-56 Penman-Monteith yöntemiyle PET, AET ve yağış eğilimleri, b. Evapotranspirasyon bileşenlerinin aylık dağılımı, c. Thornthwaite yöntemine göre aylık su fazlası, su açığı ve efektif su miktarları d. Aydeniz Kuraklık Katsayısı (Kks) ile nemlilik sınıflaması).

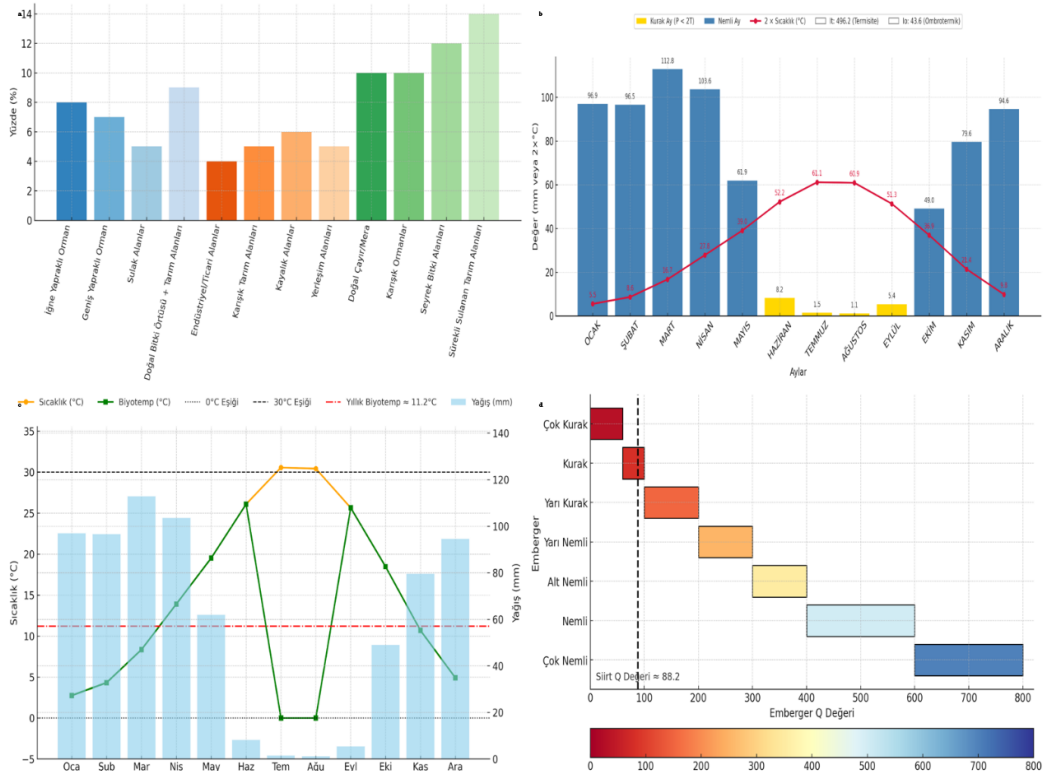
Bu sonuçlar, iklim değişikliğine uyum stratejilerinin geliştirilmesinde, damla sulama, su hasadı, kuraklığa dayanıklı tür seçimi, su depolama altyapısı, tarımsal takvim optimizasyonu gibi yönetimsel önlemlerin gerekliliğini ortaya koymaktadır (Vicente-Serrano vd., 2010).

3. Biyoiklim Modelleri ve Arazi Kullanım Tiplerinin Karşılaştırmalı Analizi

Şekil 6, Siirt ili özelinde farklı biyoiklim sınıflandırma yaklaşımlarının karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesini ve arazi kullanım örüntüleri ile bu sistemlerin mekânsal uyum düzeyini ortaya koymaktadır. Şekil 6-a. UNESCO-FAO iklim sınıflandırması temel alınarak oluşturulmuştur. Bu sistem, ortalama yıllık sıcaklık ve yağış verilerine göre agro-ekolojik zonları belirleyerek potansiyel arazi kullanım tiplerini haritalamaktadır (FAO, 1976). Grafik, Siirt'te yarı nemli ve yarı kurak alanlarda tarım ve mera faaliyetlerinin yoğunlaştığını; orman alanlarının ise sınırlı iklimsel uygunluğa



sahip bölgelerde yer aldığını göstermektedir. Bu sınıflandırma, özellikle kırsal alan yönetimi ve tarımsal planlama açısından uluslararası düzeyde yaygın olarak kullanılmaktadır (FAO, 2012). Şekil 6-b. Rivas-Martínez Biyoiklim Sistemi'ne göre oluşturulmuştur. Bu sistem, pluviyotermal ve ombrotermik indekslere dayalı olarak makroklimatik bölgelerin ve fitocoğrafik alanların belirlenmesini sağlar (Rivas-Martínez vd., 2011). Siirt ilinde termomediterranean ve supramediterranean termik katmanlarla birlikte “subhumid-semiarid” ombrotiplerin egemen olduğu gözlenmiştir. Bu yaklaşım, özellikle Akdeniz iklim zonları içinde biyolojik çeşitliliğin mekânsal örüntülerini anlamak açısından önemli bir araçtır (Rivas-Martínez ve Loidi, 1999). Şekil 6-c ise, Emberger iklim sınıflandırma sistemi ile hazırlanmıştır. Bu yöntem, yıllık yağış miktarı ile minimum ve maksimum sıcaklık değerlerini birlikte kullanarak bir “iklim katsayısı (Q)” üretir (Emberger, 1955; Daget, 1977; Le Houérou, 1995 MGM, 1988; 2016). Grafik üzerinde Akdeniz iklim tipine karşılık gelen “yarı nemli” ve “yarı kurak” geçiş zonları açıkça ayırt edilmiştir. Bu sınıflandırma, özellikle Kuzey Afrika ve Güney Avrupa bölgelerinde yaygın olarak uygulanmakta olup, Akdeniz coğrafyasındaki kuraklık hassasiyetini ortaya koymak açısından elverişlidir (Benebadji, 2014). Şekil 6-d. Holdridge Biyoiklim sınıflandırması sistemine dayanmaktadır. Bu model; biyotemperatür, yıllık yağış ve potansiyel evapotranspirasyon gibi değişkenleri kullanarak yaşam alanlarının potansiyel dağılımını belirlemeyi amaçlar (Holdridge, 1967). Sonuçlar, Siirt'in “yarı nemli-serin tropikal” ve “nemli-ılıman” zonlar arasında geçiş niteliği gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu sınıflandırma, özellikle bitki örtüsü modellemesi ve biyosfer temelli ekolojik planlama çalışmalarında kullanılmaktadır (Loarie vd., 2008; Martínez-Vilalta vd., 2008). Dört yöntemin ortak çıktıları, Siirt ilinin yarı kurak-yarı nemli bir geçiş bölgesi olduğunu; dolayısıyla iklimsel eşik değerlerinin hem ekosistem dağılımı hem de arazi kullanım kararları üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir (Şekil 6). Ayrıca, bu sınıflamalar arasında yöntemsel farklılıklar olmakla birlikte, özellikle su dengesi, termik katmanlar ve biyotemperatür gibi değişkenler açısından benzer mekansal örüntüler üretildiği görülmektedir. Bu durum, iklim temelli planlamada çoklu yöntem yaklaşımının (multi-model approach) karar destek sistemleri için daha güvenilir çıktılar ürettiğini göstermektedir (Peel vd, 2007).

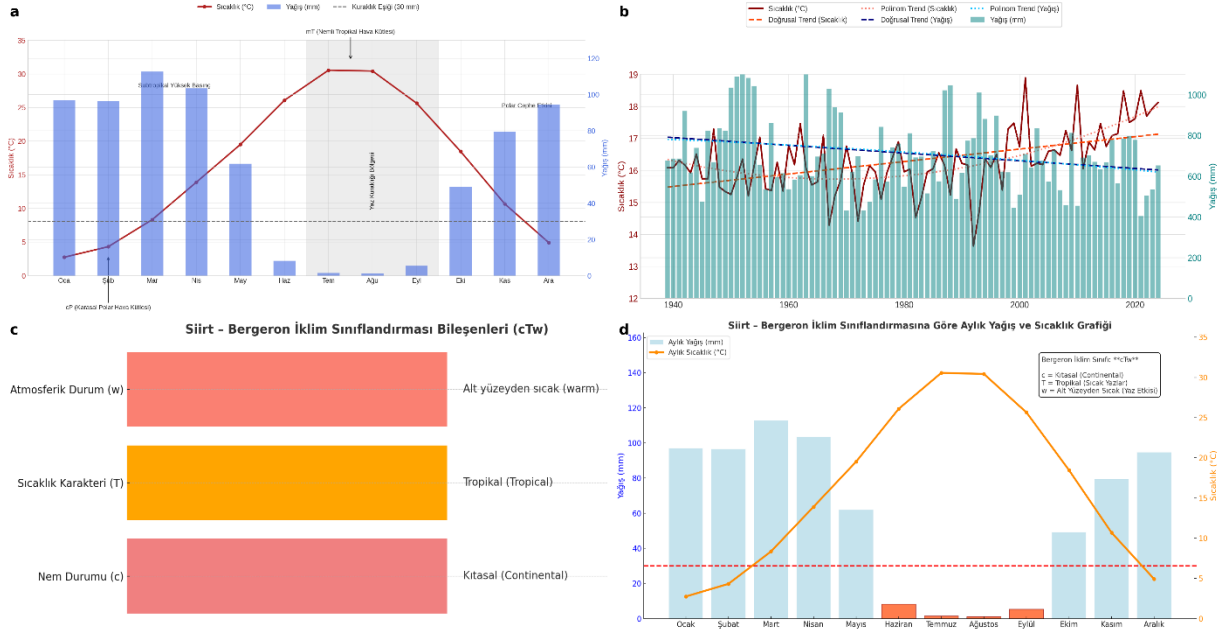




Şekil 6. Siirt İlinde Biyoiklimatik Sınıflandırma Sistemleri ile İklimsel ve Ekolojik Değerlendirme (a. UNESCO-FAO Yöntemine Göre Siirt İli Potansiyel Arazi Kullanım Sınıflaması, b. Rivas-Martínez Biyoiklimatik Sistemine Göre Termik ve Ombrotip Zonların Aylık Dağılımı, c. Holdridge İklim Sınıflandırmasına Göre Biyotemperatür, Yağış ve Sıcaklığa Dayalı İklimsel Zonlama) d. Emberger Biyoiklim İndeksine Göre Siirt'in İklim Tipinin Belirlenmesi ($Q=88.2$; Yarı Kurak),

Dinamik-Kökenli İklim Sınıflandırmaları: Hava Kütleleri ve Termal Rejimlerin Birleşimi

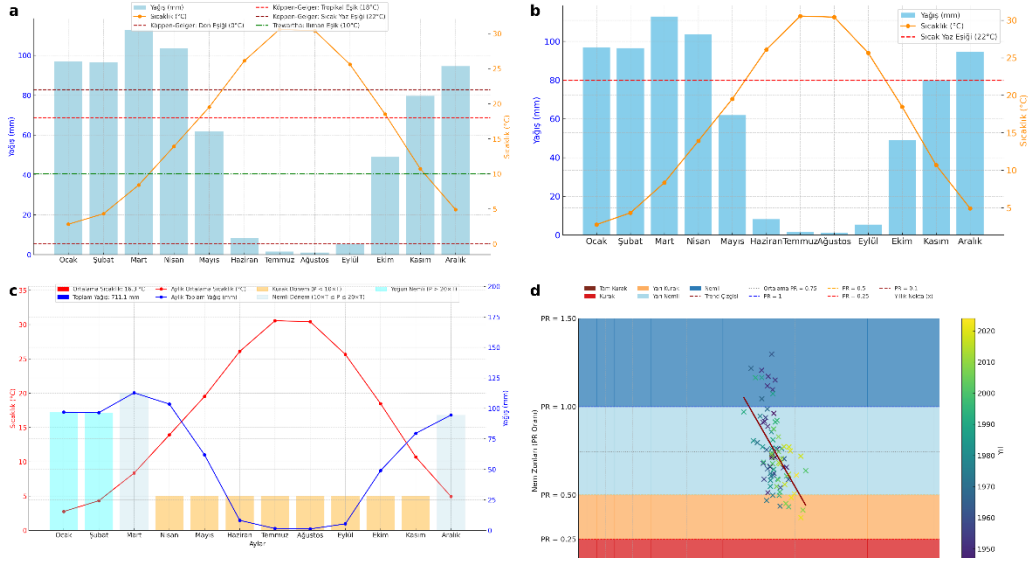
Şekil 7-a, Strahler metoduna göre, Siirt'te sıcaklık ve yağış dağılımını, yıllık döngü içinde baskın hava kütleleri ve basınç sistemleriyle ilişkilendirmektedir. Yaz aylarında (Haziran-Eylül), nemli tropikal (mT) hava kütlelerinin etkisi ve subtropikal yüksek basınç nedeniyle yağış minimuma inmekte, sıcaklık ise maksimum değerlere ulaşmaktadır. Kış aylarında (Aralık-Şubat), karasal polar (cP) ve polar cephe etkisiyle yağışlar artmakta, sıcaklıklar düşmektedir. Grafikte vurgulanan kuraklık eşiği (30 mm), yaz mevsiminin ciddi bir iklimsel kuraklık dönemi olduğunu göstermektedir. Bu yapı, Akdeniz iklimi özelliklerini taşıyan ancak karasal etkilerin belirginleştiği bir termal-nem rejimine işaret eder. Şekil 7-b, Strahler metodunun uzun dönemli (1939-2024) grafiğidir. Sıcaklık ve yağış arasında zıt yönlü eğilimleri ortaya koymaktadır. Sıcaklık değerlerinde hem doğrusal hem polinom analizlere göre istatistiksel olarak anlamlı bir artış söz konusudur. Öte yandan, yağış miktarlarında hem doğrusal hem eğrisel trende göre belirgin bir azalma eğilimi görülmektedir. Bu karşıtlık, iklimsel su açığı, artmış evaporatif stres ve kuraklık risklerinin gelecekte daha belirgin hale geleceğini göstermektedir. Bu grafik, IPCC (2021) tarafından tanımlanan "ısıyan ama kuraklaşan Akdeniz havzası" eğilimini doğrulayan yerel bir örnektir. Şekil 7-c, Bergeron sistemine göre yapılan bu değerlendirme, hem yağış hem sıcaklık karakterine göre iklim sınıflamasını yapmaktadır. Bu yapı, bölgenin yarı-kurak geçiş kuşağında olduğunu ve mevsimsel dengesizliklerin iklimsel sınıflamaya yansıdığını göstermektedir. Bu sonuç, hem sıcaklık hem nem bileşenlerinin aşırı mevsimsel farklılıklar taşıdığı bölgeler için Bergeron sisteminin açıklayıcılığını vurgular. Şekil 7-d'ye göre, cTw sınıfının üç temel bileşeni şu şekildedir. Atmosferik Durum (w): yaz aylarında toprak kaynaklı ısınma ve yüzey termali etkisi, sıcaklık Karakteri (T): uzun, sıcak ve kurak yaz mevsimi, nem Karakteri (c): kışları nemli ama yazları kurak, dolayısıyla mevsimsel nem kontrastı yüksektir. Bu sınıflandırma, iklimin sadece sayısal değil, aynı zamanda dinamik ve fiziksel hava kütlesi temelli yapısını da analiz etmeye olanak sağlar (Bergeron, 1928; Lamb, 1972; Sheridan, 2002; Barry ve Chorley, 2003; Schultz, 2020). Bu iki metod birlikte değerlendirildiğinde, Siirt ilinin: yaz aylarında kuraklık riski taşıyan, kış yağışlarına bağımlı, hava kütlelerinin mevsimsel değişimiyle şekillenen, ısıyan ve kuraklaşan bir iklim sistemine doğru ilerlediği açıkça görülmektedir. Bergeron sistemi, hem sıcaklık hem de nem karakteri üzerinden değerlendirme yaptığı için özellikle yarı-kurak geçiş bölgeleri için güçlü bir tanıma aracı sunar. Bu analizler, bölgesel iklim değişikliği etkilerini anlamada ve tarımsal planlama, su yönetimi ve iklim adaptasyonu gibi konularda önemli karar destek verileri sağlar (Şekil 7).



Şekil 7. Termodinamik-temelli iklim sınıflandırmaları: Strahler (a, b) ve Bergeron (c, d) yöntemlerinin Siirt örneğindeki karşılaştırmalı uygulaması.

4. Siirt İkliminin Küresel Sınıflandırma Sistemlerine Göre Değerlendirilmesi

Şekil 8-a, Köppen-Geiger sistemine göre Siirt'in Csa iklim tipine dahildir. Csa: sıcak yazlı Akdeniz iklimine girmektedir. Bu iklim tipine göre, yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılıman ve yağışlıdır. Yağışın mevsimsel dağılımı, yaz kuraklığı ve kışın yağış yoğunluğu Köppen sisteminde temel ayırt edici unsurlar olarak belirlenmiştir. Siirt, bu sınıflandırmada kıyı Akdeniz iklim kuşağına benzer özellikler gösterse de, iç kesim etkisiyle termik rejim daha karasalıdır (Köppen, 1936; Peel, 2007). Bu durum, sınıflandırmanın bazı mikroklimatik farkları göz ardı ettiğini göstermektedir. Şekil 8-b Trewartha sistemi, Köppen'e göre daha biyoklimatik detaylara ve termal-nemli eşiklere duyarlıdır. Siirt bu sistemde genellikle Cw (kış yağışlı subtropikal iklim) ya da BS (yarı-kurak iklim) tipine dahil olur. Sıcaklık eşikleri daha sert biçimde uygulanır (örneğin 8 ayın 10 °C üzerinde olması gerekir). Bu sistem, Siirt'in yaz kuraklığına sahip ancak nem düzeyi düşük olmayan bir geçiş kuşağında yer aldığını ortaya koymaktadır. Trewartha sınıflandırması, karasal iç etkileri daha doğru yansıttığı için yarı-kurak zon geçişlerine daha duyarlıdır (Trewartha, 1980; Kottek vd., 2006; Peel vd., 2007). Şekil 8-c Walter-Lieth Diyagramına göre, Siirt'in aylık sıcaklık ve yağış değerleri grafiksel olarak sunulmuş, iklimin fenolojik döngüsü ortaya konmuştur. Haziran-Eylül ayları arası kurak dönem net biçimde belirgindir ($P < 2T$ kuralı). Aralık-Mart arası nemli dönem olarak öne çıkar. Sıcaklık eğrisi ile yağış çubukları karşılaştırmalı olarak verilmiş, vejetasyon devresi ve su stresi dönemleri kolayca ayırt edilebilmiştir. Walter-Lieth diyagramı, bitki örtüsüne ve biyolojik üretime uygun dönemlerin belirlenmesinde oldukça kullanışlı bir araçtır. Şekil 8-d Holdridge life zone sınıflandırmasına göre, biyoklimatik zonları sıcaklık, yıllık yağış ve potansiyel evapotranspirasyon oranlarına göre tanımlar. Siirt, bu sınıflandırmada genellikle "Dry Forest" (Kuru Orman) veya "Subtropical Thorn Woodland" (Alt tropikal dikenli ormanlık) bölgeye karşılık gelir. PET/Precipitation oranı burada önemli rol oynar; su stresi yüksek, biyokütle düşük bir bölgeye işaret eder. Sistem, ekosistem temelli sınıflamaya olanak sağlar ve klimatopik zonlar yerine biyotik potansiyeli vurgular. Bu sınıflama, tarım ve arazi kullanımı planlamasında, ekolojik taşıma kapasitesi açısından önemli öngörüler sunar (Şekil 8).



Şekil 8. Siirt İlının Küresel Temelli İklim Sınıflandırma Sistemlerine Göre Değerlendirilmesi: **a.** Köppen-Geiger, **b.** Trewartha, **c.** Walter-Lieth Diyagramı, **d.** Holdridge Life Zone Sistemi.

Siirt'in iklim yapısı, klasik Akdeniz tipinden ayrılan, karasallık etkisinin hissedildiği geçişsel bir yarı-kurak zon karakterindedir. Bu dört küresel sınıflandırma sistemi, iklimin farklı yönlerini (termal, nemli, biyotik) vurguladığı için birlikte yorumlandığında daha bütüncül bir değerlendirme sağlar (Tablo 2).

Tablo 2. Küresel İklim Sınıflandırma Sistemlerinin Temel Kriterleri, Siirt İli Uygulama Sonuçları ve Yöntemsel Değerlendirmeleri

Sınıflandırma	Temel Kriterler	Siirt için Sonuç	Avantaj	Kısıt
Köppen-Geiger	Sıcaklık+yağış sezonluğu	Csa-Sıcak yazlı Akdeniz	Kolay uygulanabilir	Mikroklimaları ihmal eder
Trewartha	Ay sayısına dayalı termal eşikler	Cw veya BS- Geçiş zonu	Termik dengeyi iyi yansıtır	Detaylı veri ister
Walter-Lieth	P ve T karşılaştırmalı grafik	Yaz kuraklığı belirgin	Vejetasyon döngüsü gösterir	Yıllık değil aylık veriye bağımlı
Holdridge	T, yağış, PET	Kuru orman zonu	Ekosistem bazlı	Fazla soyut-sınırlı coğrafi ayrıntı

Bu sınıflandırmaların çoğu, Siirt'in yarı kurak, yazları sıcak ve buharlaşmanın yüksek olduğu, tarım için orta düzeyde uygunluk taşıyan, geçiş zonlarında yer alan bir iklim yapısına sahip olduğunu göstermektedir. İklim değişikliğiyle birlikte, karasallaşma eğilimi (Conrad-Pollak, Strahler) ve su açığı (Budyko, FAO-56) gibi unsurların daha da baskın hale gelebileceği öngörülmektedir. Şekil 9, çalışmalarda çoklu yöntem karşılaştırmasının gerekliliğini de ortaya koymaktadır (Şekil 9).



Şekil 9. Siirt İli İçin Uygulanan İklimsel Sınıflandırmalar ve Kuraklık İndekslerinin Karşılaştırmalı Değerlendirmesi

SONUÇ VE ÖNERİLER

- Bu çalışma kapsamında Siirt ili özelinde uygulanan farklı iklim sınıflama yöntemlerinin (Aydeniz, Bergeron, Conrad-Pollak, de Martonne, Erinç, Holdridge, Köppen-Geiger, Lang, Thornthwaite, Trewartha, UNEP ve UNESCO-FAO indeksleri) karşılaştırmalı analizi, bölgenin iklim koşullarının kapsamlı ve çok boyutlu değerlendirilmesini sağlamıştır.
- Yapılan analizler neticesinde, Siirt'in ağırlıklı olarak yarı kurak (semi-arid) ile kurak (arid) geçiş zonunda yer aldığı ve bu kuraklığın özellikle son 30 yıllık süreçte belirgin bir artış eğilimi sergilediği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, hem hidroklimatik dengesizliklerin artmakta olduğunu hem de ekonomik faaliyetlerin sürdürülebilirliği açısından risk oluşturduğunu göstermektedir.
- Köppen-Geiger ve Trewartha yöntemleri, bölgenin sıcak yazlı Akdeniz iklimi özelliklerini ortaya koyarken, Bergeron ve Conrad-Pollak sınıflandırmaları bölgenin kıtasal ve karasal karakterini vurgulamıştır.
- Holdridge ve UNESCO-FAO yöntemleri, Siirt'te bitki örtüsü ve agroekolojik potansiyelin sınırlı olduğunu, özellikle yaz aylarında ciddi evapotranspirasyon baskısıyla karşı karşıya kaldığını işaret etmektedir.
- de Martonne, UNEP, Aydeniz ve Erinç indeksleri gibi kuraklık indeksleri ise bölgenin iklim değişikliği etkisi altında giderek daha uzun ve şiddetli kurak dönemlerle karşılaşabileceğini açıkça göstermiştir.
- Elde edilen bulgular, iklimsel değişimlerin yalnızca doğal süreçleri değil, aynı zamanda sosyoekonomik yapıyı da doğrudan etkilediğini göstermektedir. Özellikle tarımsal üretim, hayvancılık ve ormancılık faaliyetleri iklimsel baskılardan ciddi şekilde etkilenmektedir. Tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliği için damla sulama ve yağmur hasadı gibi modern su yönetimi tekniklerinin yaygınlaştırılması, kuraklık toleransı yüksek ürün çeşitlerinin tercih edilmesi ve erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi kritik hale gelmiştir. Kuraklık eğilimleri ve artan evapotranspirasyon, Siirt fıstığı, buğday ve arpa gibi temel ürünlerde verim kaybı riskini artırmakta; bölgesel su talebinde ise 2050 yılına kadar %15-20 oranında bir artış öngörülmektedir. Benzer bulgular, Türkiye'de kuraklık ve



tarımsal verim arasındaki ilişkileri inceleyen Türkes (1996) ile Orta Asya'daki iklimsel baskıları değerlendiren Lioubimtseva ve Henebry'nin (2009) çalışmalarında da rapor edilmiştir. Ayrıca, IPCC AR6 (2021) raporu da kurak bölgelerde sosyoekonomik baskıların artacağını vurgulamaktadır. Tüm bu sonuçlar, iklim uyum politikalarının geliştirilmesinde tarım ve su yönetimi gibi sosyoekonomik boyutların dikkate alınmasını zorunlu kılmaktadır.

- Bölgesel turizm açısından değerlendirmeler ise, iklim koşullarının özellikle bahar ve sonbahar dönemlerinde avantaj sağlayabileceğini göstermektedir. Ancak yaz aylarında aşırı sıcaklık ve kuraklık, turizm faaliyetlerini sınırlandırabilir. Bu nedenle, ekoturizm, kültürel turizm ve doğa turizmi faaliyetlerinin ilkbahar ve sonbahar aylarında yoğunlaştırılması ve bu dönemlerin turizm kampanyalarında daha etkin tanıtılması önerilmektedir.

- İklim değişikliği senaryoları (özellikle SSP2-4.5 ve SSP5-8.5) göz önüne alındığında, gelecekte bölgenin su ve enerji dengesinde daha derin sorunlarla karşılaşacağı anlaşılmaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilir arazi kullanım planları, su kaynakları yönetim politikaları ve iklime uyum stratejileri geliştirilmelidir. Bölgesel ölçekli, yüksek çözünürlüklü iklim projeksiyonları ile geleceğe yönelik risk analizleri yapılmalı ve yerel yönetimler ile paydaşlar arasında etkin iş birliği sağlanmalıdır. Çalışmada elde edilen bulgular, IPCC'nin Altıncı Değerlendirme Raporu (AR6) kapsamında sunulan SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryoları ile uyumludur. CMIP6 ve CORDEX verilerinden elde edilen projeksiyonlar, 21. yüzyılın ortalarına doğru Siirt'te yaz sıcaklıklarının belirgin biçimde artacağını, yağışların ise özellikle ilkbahar sonu ve yaz başında azalacağını göstermektedir. Bu durum, bölgedeki yarı kurak koşulların daha da pekişeceğine işaret etmektedir. Dolayısıyla, sayısal iklim tahminlerinin bulgularımıza entegre edilmesi, hem mevcut değerlendirmelerin güvenilirliğini artırmakta hem de geleceğe yönelik senaryoların bölgesel düzeyde yorumlanmasına imkân tanımaktadır.

- Bu çalışmanın bilime katkısı, Siirt ili özelinde çoklu iklim sınıflama yöntemlerinin karşılaştırmalı olarak kullanılması ve bu yöntemlerin sonuçlarının ilk kez bütüncül bir perspektifte değerlendirilmiş olmasıdır. Ayrıca, yerel ekonomik faaliyetler, turizm potansiyeli ve iklim değişikliği etkilerini kapsayan geniş kapsamlı ve disiplinler arası bir analiz sunmaktadır. Bu yönüyle çalışma, hem bölgesel iklim yönetimine yönelik pratik öneriler sunmakta hem de gelecekteki benzer araştırmalar için metodolojik bir model oluşturmaktadır.

- Elde edilen bulgular, İç Anadolu (Türkes, 1996), İran Platosu (Alijani, 2008) ve Orta Asya yarı kurak alanları (Lioubimtseva ve Henebry, 2009) gibi benzer iklimsel özellikler gösteren bölgelerdeki çalışmalarla uyumluluk göstermektedir. Bu durum, Siirt'in yarı kurak geçiş zonundaki iklimsel dinamiklerinin, yalnızca yerel değil aynı zamanda küresel ölçekte benzer eğilimlerle örtüştüğünü ortaya koymaktadır.

- Sonuç olarak, Siirt ili için yapılan bu çok yönlü iklim değerlendirmesi, bölgeye özgü sürdürülebilir kalkınma politikalarının geliştirilmesi açısından kritik bir referans oluşturmuştur. İleriki araştırmaların daha detaylı ekonomik modellerle desteklenerek, iklim değişikliğinin ekonomik ve sosyal etkilerini minimize edecek stratejilerin belirlenmesi önem arz etmektedir.



Kaynakça

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56). FAO.
- Barry, R. G., & Chorley, R. J. (2003). Atmosphere, weather and climate (8th ed.). Routledge.
- Benabadji, N., Bouchenak-Khelladi, A. B., Zineb, R., & Medarbal, K. (2014). Some anthropic aspects in meridional region of Sebdou (Oran-Algeria). *Open Journal of Ecology*, 4(11), 1160–1169. <https://doi.org/10.4236/oje.2014.411097>
- Bergeron, T. (1928). Über die dreidimensionale Wetteranalyse. *Geofysiske Publikasjoner*, 5, 1–111.
- Conrad, V. (1941). The variability of precipitation. *Monthly Weather Review*, 69(1), 5–11. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1941\)69<5:TVOP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1941)69<5:TVOP>2.0.CO;2)
- Conrad, V., & Pollak, W. L. (1950). *Methods in climatology*. Harvard University Press.
- Daget, P. (1977). Le bioclimat méditerranéen: caractéristiques générales, modes de caractérisation. CNRS.
- de Martonne, E. (1926). Une nouvelle fonction climatologique: l'indice d'aridité. *La Météorologie*, 2, 449–458.
- de Martonne, E. (1942). Nouvelle carte mondiale de l'indice d'aridité. *Annales de Géographie*, 51(288), 241–250. <https://doi.org/10.3406/geo.1942.12050>
- Diouf, R., Sambou, H., & Traore, V. B. (2016). Frequency analysis and exploratory of rainfall variability in Bounkiling River Basin in a context of climate change and variability. *American Journal of Engineering Research*, 5(11), 82–93.
- Diouf, R., Traore, V. B., Ndiaye, M. L., et al. (2018). Spatial and temporal distribution of rainfall in agro-climatic zone of Fatick region, Senegal. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 5(1), 50–62.
- Devlet Meteoroloji İşleri (D.M.İ). (1988). Aydeniz metodu ile Türkiye'nin kuraklık değerlendirmesi. Ankara: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Yayını.
- Emberger, L. (1955). Une classification biogéographique des climats. *Recueil des Travaux de la Station de Botanique et de Phytosociologie*, 3, 3–43.
- Erinç, S. (1965). Yağış müessiriyeti üzerine bir deneme ve yeni bir indis. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları No: 41.
- Erinç, S. (1977). *Vejetasyon coğrafyası*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Basımevi. (İ.Ü. Yayın No: 2276)
- Erinç, S. (1996). *Klimatoloji ve metodları* (4. baskı). İstanbul: Alfa Basım Yayım Dağıtım.
- FAO. (1976). A framework for land evaluation (FAO Soils Bulletin No. 32). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2012). *Agroecological zoning guidelines*. Land and Water Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2017). *Water for sustainable food and agriculture: A report produced for the G20 Presidency of Germany*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fischer, G., van Velthuisen, H., Shah, M., & Nachtergaele, F. (2002). Global agro-ecological assessment for agriculture in the 21st century: Methodology and results. FAO & IIASA.
- Greve, P., Orlowsky, B., Mueller, B., Sheffield, J., Reichstein, M., & Seneviratne, S. I. (2015). Global assessment of trends in wetting and drying over land. *Nature Geoscience*, 7(10), 716–721. <https://doi.org/10.1038/ngeo2247>



- Holdridge, L. R. (1967). Life zone ecology (Rev. ed.). Tropical Science Center.
- Hounguè, R., Lawin, A. E., Moumouni, S., & Afouda, A. (2019). Change in climate extremes and pan evaporation influencing factors over Ouémé Delta in Bénin. *Climate*, 7(1), Article 2. <https://doi.org/10.3390/cli7010002>
- IPCC. (2021). Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3), 259–263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- Köppen, W. (1936). Das geographische System der Klimate. In W. Köppen & R. Geiger (Eds.), *Handbuch der Klimatologie* (Vol. 1, pp. 1–44). Gebrüder Borntraeger.
- Lioubimtseva, E., & Henebry, G. M. (2009). Climate and environmental change in arid Central Asia: Impacts, vulnerability, and adaptations. *Journal of Arid Environments*, 73(11), 963–977.
- Middleton, N., Thomas, D., UNEP. (1997). World atlas of desertification. United Nations Environment Programme. <https://digitallibrary.un.org/record/245955>
- Naderi, M., Raeisi, E., Climate change in a region with altitude differences and with precipitation from various sources, South-Central Iran, *Theoretical and Applied Climatology*, 124(3-4), DOI: 10.1007/s00704-015-1433-y
- Nistor, M. M., Praveen, K. R., Vikas, D., & others. (2020). Climate change effect on water resources in Varanasi district, India. *Meteorological Applications*, 27, 1–16.
- Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen–Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(5), 1633–1644.
- Prodanova, H., Nedkov, S., & Petrov, G. (2024). GIS-based modelling of landscape patterns in mountain areas using climate indices and regression analysis. *Environmental Modelling & Software*, 180, 106160. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2024.106160>
- Quan, C., Han, S., Utescher, T., & others. (2013). Validation of temperature–precipitation-based aridity index: Paleoclimatic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 386, 86–95.
- Rivas-Martínez, S., & Loidi, J. (1999). Bioclimatology of the Iberian Peninsula. *Itinera Geobotanica*, 13, 41–47.
- Rivas-Martínez, S., Penas, A., & Díaz, T. E. (2011). Bioclimatic map of Europe. *International Journal of Geobotanical Research*, 1(1), 1–30.
- Schultz, D. M., Volkert, H., Antonescu, B., & Davies, H. C. (2020). Defender and expositor of the Bergen methods of synoptic analysis: Significance, history, and translation of Bergeron's (1928) "Three-dimensionally combining synoptic analysis". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 101(12), E2078–E2094. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-20-0021.1>
- Sheridan, S. C. (2002). The redevelopment of a weather-type classification scheme for North America. *International Journal of Climatology*, 22(1), 51–68. <https://doi.org/10.1002/joc.709>
- Strahler, A. N. (1969). *Physical geography* (3rd ed.). John Wiley.
- Thorntwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38(1), 55–94. <https://doi.org/10.2307/210739>
- Thorntwaite, C. W., & Mather, J. R. (1955). The water balance. *Publications in Climatology*, 8, 5–86.
- Trewartha, G. T. (1954). *An introduction to climate*. McGraw-Hill.
- Trewartha, G. T. (1970). *The earth's problem climates*. University of Wisconsin Press.
- Trewartha, G. T., & Horn, L. H. (1980). *An introduction to climate* (5th ed.). McGraw-Hill.



UNESCO. (1977). Map of the world distribution of arid regions (MAB Technical Notes No. 7). UNESCO.

Türkeş, M. (1996). Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, 16(9), 1057-1076.

Walter, H., & Lieth, H. (1967). *Klimadiagramm-Weltatlas*. Gustav Fischer Verlag.

Velthuizen, H., Huddleston, B., Fischer, G., Salvatore, M., Ataman, E., & Nachtergaele, F. O. (2007). Mapping biophysical factors that influence agricultural production and rural vulnerability (Environment and Natural Resources Working Paper No. 11). FAO.

Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., & López-Moreno, J. I. (2010). A multiscale drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*, 23(7), 1696–1718. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>

EXTENDED ABSTRACT

Aim

The primary objective of this study is to provide a comprehensive and comparative assessment of the climatic characteristics of Siirt Province, located in southeastern Turkey. Utilizing multiple climate classification systems and drought indices, the research aims to identify regional vulnerabilities, define agroecological potentials, and contribute to sustainable planning strategies under the pressure of climate change. Transition zones between semi-arid and arid climates—like Siirt—are particularly sensitive to hydroclimatic shifts. Therefore, the integrated analysis of diverse classification methods offers a more robust and spatially differentiated understanding of climatic dynamics and their implications on water resources, agriculture, biodiversity, and eco-tourism.

Study Area: Siirt Province and Its Geographical Context

Siirt is located in the Southeastern Anatolia Region of Turkey, between 37°55'–38°27' N latitude and 41°50'–42°27' E longitude. The region's terrain consists of high plateaus, mountainous ridges, and intermontane valleys, creating a complex topography and microclimatic diversity. The area lies within the Mediterranean–continental transition zone and is highly influenced by both maritime and inland climatic systems. This diversity amplifies the importance of a detailed multi-model climatic analysis, especially for regional planning and climate adaptation.

Materials and Methods

The study utilizes long-term meteorological data (1939–2024) obtained from the Turkish State Meteorological Service (TSMS), including monthly temperature, precipitation, evapotranspiration (PET, AET), and water balance components. The climate characteristics of the province of Siirt were examined under the following five main headings and a total of 19 indexes:

- 1) Drought/Humidity Indices: Aydeniz Index, de Martonne, Lang Humidity Index, Erinc Index, UNEP Aridity Index, Conrad-Pollak Index
- 2) Evapotranspiration-Based Models: FAO-56 Penman-Monteith, Thornthwaite Water Balance, Budyko Framework
- 3) Bioclimatic Classifications: Holdridge Life Zones, UNESCO-FAO, Rivas-Martínez, Emberger
- 4) Dynamic and Thermodynamic Methods: Strahler System, Bergeron Air Mass Classification
- 5) Global Climate Classifications: Köppen-Geiger, Trewartha, Walter-Lieth

Findings

1. Drought Trends and Humidity Indices

All six drought indices showed consistent results regarding seasonal and long-term drought vulnerability. The Aydeniz Drought Coefficient and de Martonne Index revealed that the region



frequently falls into the "arid" category, especially during the summer months (June–September). UNEP AI values have shown a declining trend over the last 30 years, indicating rising evapotranspiration and intensifying hydrological stress.

2. Evapotranspiration and Water Balance

FAO-56 Penman–Monteith results revealed a growing divergence between precipitation and evapotranspiration since the 1980s. Water deficits have increased significantly, particularly in summer, with Thornthwaite's model indicating that water surplus is limited to winter months (December–February). Summer water deficits pose a critical threat to agriculture, where irrigation demand peaks but natural supply is insufficient.

3. Bioclimatic Classification and Land Suitability

According to Holdridge and Rivas–Martínez systems, Siirt falls within the "subhumid–semiarid" and "dry subtropical woodland" zones. UNESCO-FAO classifications indicate that only limited areas are suitable for forest and permanent agriculture, while rangelands dominate. Emberger's quotient also reflects a Mediterranean climate with increasing continentality. These systems support critical decisions on land use, ecological restoration, and biodiversity conservation.

4. Dynamic Climate Systems

Based on Strahler and Bergeron methods, the region experiences a combination of cP (continental polar) air masses during winter and mT (maritime tropical) masses in summer. Bergeron's classification identifies cTw conditions in summer—representing hot, dry air with low humidity. These methods contribute not only to classification but also to understanding synoptic mechanisms driving seasonal drought.

5. Global Climate Classification Comparisons

Köppen–Geiger: Csa – Mediterranean climate with hot, dry summers

Trewartha: Cw or BS – Dry subtropical steppe or winter-rain climate

Walter–Lieth Diagram: Arid from June to September, humid from December to March

Holdridge Zones: Dry forest–Thorn woodland transition

Each classification reveals the region's transitional nature and emphasizes key vulnerabilities: seasonal water scarcity, agricultural stress, and high evapotranspiration rates.

Conclusions

The study highlights the pressing climatic challenges facing Siirt Province and offers the following recommendations:

Agricultural Adaptation: Promote drought-resistant crops, smart irrigation (e.g., drip systems), and agroecological zoning to enhance resilience.

Water Resource Management: Invest in rainwater harvesting, groundwater recharge structures, and seasonal water storage systems to buffer increasing deficits.

Tourism Strategy: Encourage spring and autumn tourism (mild seasons), while expanding shade-based and altitude-specific summer tourism opportunities.

Climate Policy and IPCC Scenarios: Local authorities should integrate IPCC scenarios (SSP2-4.5 and SSP5-8.5) into regional planning tools to anticipate long-term impacts and formulate adaptive responses.

Land Use Planning: Align land use designations with bioclimatic constraints as identified by Holdridge and Emberger systems, particularly for conservation areas and agricultural zoning.

This study provides a rare, integrative analysis of a semi-arid transition zone using over 15 climate classification systems and indices. It demonstrates how the interaction of biophysical factors—such as topography, air mass circulation, and evapotranspiration—converge to shape regional vulnerabilities. The inclusion of both classical and modern models (e.g., Thornthwaite, IPCC, Bergeron, UNEP, Rivas-Martínez) enhances the depth and reliability of the results. It stands out in the Turkish and Mediterranean context as one of the most detailed provincial-level climate



assessments and serves as a methodological reference for researchers working in similarly vulnerable regions worldwide.