

## Konya'da Ekstrem Sıcaklık İndislerinde Gözlemlenen Eğilim ve Değişimlerin İncelenmesi

*Investigation of Trends and Changes Observed in Extreme Temperature Indices in Konya*

Kübra AYDIN<sup>1</sup> , Murat KARABULUT<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

### Öz

İklimin temel elemanlarından biri olan sıcaklık, coğrafi özellikler sebebiyle zamansal ve mekânsal ölçekte bölgeden bölgeye önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Küresel iklim varyasyonlarının bir sonucu olarak İç Anadolu Bölgesi, Türkiye'de sık sık bu değişimlerden etkilenen bölgelerden biridir. İklim değişikliği araştırmaları için sıcaklıklarda meydana gelen eğilim ve değişimlerin tespit edilmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan Konya ilinde 1970-2020 periyodundaki 6 istasyonun günlük maksimum ve minimum sıcaklıkları kullanılarak sıcaklık ekstremlerindeki değişimler incelenmiştir. Küresel iklim değişikliğinin neden olduğu etkiyi gözlemleyebildiğimiz WMO (Dünya Meteoroloji Organizasyonu) ve CLIVAR (Okyanus-Atmosfer Sisteminin Değişkenlik ve Öngörülebilirliği)'in önerdiği 16 sıcaklık indisi uygulanmıştır. Hesaplamalarda R tabanlı bir yazılım olan RCLindex isimli program ve parametrik dağılım göstermeyen Mann Kendall testi kullanılmıştır. Sonuçlara göre; çalışma alanında donlu ve buzlu günlerde azalma eğilimi belirlenmiştir. Göller Yöresi'nde bulunan Akşehir ve Beyşehir istasyonlarının minimum sıcaklıkların maksimumu indisinde diğer istasyonlardan farklı olarak azalmalar tespit edilmiştir. Tarım ürünlerinin büyüme süresini kısaltmak için olumlu etki yapan gelişme sezonu uzunluğu indisi artış eğilimi göstermiştir. Sıcaklık indislerinin zamansal değişimleri incelendiğinde genel olarak ekstrem minimum sıcaklık indislerinde özellikle azalmalar gözlenirken ekstrem maksimum sıcaklık indislerinde artışlar yaşanmıştır. Konya'daki ekstrem sıcaklıklarda gözlenen artışlar hem beşeri hem de ekolojik açıdan olumsuz etki yaratmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** İklim Değişimi, Ekstrem sıcaklık indisleri, Mann Kendall, Konya

### Abstract

Temperature, which is one of the basic elements of climate, varies considerably from region to region on a temporal and spatial scale due to geographical features. As a result of global climate variations, the Central Anatolia Region is one of the regions in Turkey that is frequently affected by these changes. For climate change research, it is important to determine the trends and changes in temperatures. In this study, the changes in temperature extremes were examined by using the daily maximum and minimum temperatures of 6 stations in the 1970-2020 period in Konya, which is located in the Central Anatolia region. 16 temperature indices proposed by WMO (World Meteorological Organization) and CLIVAR (Variability and Predictability of the Ocean-Atmosphere System), where we can observe the effect caused by global climate change, have been applied. R-based software called RCLindex and Mann Kendall test, which does not show parametric distribution, were used in the calculations. According to the results; in the study area, a decreasing trend was determined on frosty and icy days. Unlike the other stations, decreases were determined in the maximum of minimum temperatures index of Akşehir and Beyşehir stations located in the Lakes Region. The index of the length of the growing season, which has a positive effect on shortening the growth period of agricultural products, showed an increasing trend. When the temporal changes of the temperature indices were examined, decreases were observed in the extreme minimum temperature indices in general, while increases were observed in the extreme maximum temperature indices. The increases observed in extreme temperatures in Konya have negative effects both in terms of human and ecological aspects.

**Keywords:** Climate change, Extreme Temperature Indices, Mann-Kendall, Konya

### 1. GİRİŞ

İklim sisteminde geçmişten günümüze küresel boyutta olağan değişimler yaşanmıştır. Öncesinde doğal nedenlerle yavaş bir şekilde gerçekleşen bu değişimler, 19. yüzyılda yoğun sanayileşme hareketlerinin başlamasıyla insan kaynaklı etkilerle birlikte hızlanarak ekolojik dengede bozulmalara sebep olmuştur [31]. Sera gazı emisyonlarının artarak atmosfere dahil olmasıyla küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında artışlar ortaya

çıkıştır [26]. Ayrıca şehirleşme oranlarındaki artışın yanında sanayi ve yerleşim alanlarından çıkan sera gazları sebebiyle de havanın ısınma eğiliminde küresel boyutlarda artışlar gerçekleşmiştir [28]. Atmosfer-Okyanus Genel Sirkülasyon Modeli (AOGCM) simülasyonu gibi gelişmiş iklim modellerine göre küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında 1990-2100 periyodu için 1.4 °C ile 5.8 °C arasında bir artış öngörülmektedir [27]. İklimde meydana gelen değişikliği belirlemek için uzun dönemli sıcaklık verileri, aylık ve mevsimlik olarak kullanılsa da ekstrem olayları açıklamada veri temini noktasında yetersiz kalmaktadırlar [8]. Ekstrem sıcaklıkların insan yaşamı ve üretimin devamlılığı gibi birçok amaç için ortalama sıcaklıktan daha önemli etkiye sahip olduğu ve lokal ölçekte ekstrem sıcaklıktaki değişikliklerin küresel ortalama değişikliklerden daha kritik rol oynayacağı birçok çalışmada belirtilmiştir [24, 22, 59]. Bu sebeple ekstrem olaylardaki değişim ve eğilimlerin saptanması iklim değişimlerinin tespitinde önem arz etmektedir.

Ekstrem hava olayları iklimdeki varyasyonlar neticesinde şiddetlenmekte ve yerkürenin birçok noktasında genellikle artış trendi göstermektedir [2]. Küresel sıcaklıklarda gözlenen artış eğilimini belirlemek amacıyla oluşturulan birçok iklim modelinde 21. yüzyılda global ölçekte ekstrem olayların şiddetinde artışların olabileceği ön görülmektedir [19, 9, 27, 35]. Ayrıca iklim modellerinden hareketle ekstrem sıcaklıkların ortalama sıcaklıklardan daha hızlı artma eğiliminde olduğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur [12, 42]. Ekstrem iklim olaylarının afet boyutuna ulaştığı taktirde sıklasacağı ve ekolojik sistemler ile insan yaşamı üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceği belirtilmektedir [10].

Gözlem verileri ve çeşitli sera gazı salınım senaryolarından hareketle gelecekte küresel iklim değişikliğinin Akdeniz Havzası'nda olumsuz etkilerinin olacağına dair çalışmalar yapılmıştır [32, 53, 26, 47]. Akdeniz Havzası'nda etkin olan yazları kurak subtropikal Akdeniz iklimi Türkiye'nin genellikle batı ve güney bölgelerinde görülerek ısınma trendleri bu alanlarda çok daha fazla gerçekleşmektedir [52]. İç Anadolu Bölgesi'nin güney bölümü de çölleşme süreçlerinden etkilenen alanlardan biri olarak kuraklık tehdidine karşı açık konumda bulunmakta ve bölgede uzun süreli ısınma trendleri gerçekleşmektedir [32, 50, 51, 37]. Ayrıca İç Anadolu Bölgesi'nde iklimde meydana gelen varyasyonların bir sonucu olarak bitki örtüsü zarar görmektedir. Bölgede ekstrem iklim olaylarının sonucunda vejetasyon süresinde kısalmalar, tarımsal üretimde azalmalar, yüksek sıcaklıklar neticesinde kuraklık olaylarının şiddetlenmesi ve doğal arazi üzerindeki baskılar sonucunda arazi kullanım oranında artışlar gibi önemli problemler de ortaya çıkabilmektedir [51, 33, 37, 2].

Sıcaklık ekstremleri konusunda Alexander vd. (2006)'nin 1951-2003 periyodu için küresel ölçekteki 200 istasyondan alınan günlük sıcaklıklara ait 16 sıcaklık indisi kullanarak yaptıkları analizlerde yaz günü, sıcak gece ve sıcak gün sayılarında istasyonların çoğunda artma eğilimi varken, soğuk gece ve soğuk günler istatistiksel olarak önemli azalışlar göstermektedir. Çalışmada Dünya genelinde minimum sıcaklıklardan elde edilen indislerin özellikle 20. yüzyılın sonunda belirginleşen ısınmayla ilişkili olarak değişiklik gösterdiği belirtilmiştir [3]. Çin'de 1961-2014 yılları arasında yapılan bir çalışmada [42] ise Hwai Nehir Havzası'nda ekstrem sıcaklık indislerinde, buzlu günler haricinde ekstrem minimum sıcaklık indisleri istatistiksel olarak önemli düşüş eğilimleri göstermektedir. Ancak çalışmada ekstrem maksimum sıcaklık indislerinde bir artış eğilimi olduğu ve TN90p ve TR20'nin diğer ekstrem maksimum sıcaklık indislerine göre daha fazla artış gösterdiği tespit edilmiştir. Asya pasifikte yer alan 10 ülke için Choi vd. (2009) tarafından 20 ekstrem sıcaklık ve 11 ekstrem yağış indisinin kullanıldığı çalışmada serin gecelerin yıllık sıklığında bir azalma belirlenirken sıcak gecelerde artışlar meydana gelmiş ve 1988-2007 aralığında bu artışların 1955-2007 periyoduna göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak çalışma da minimum sıcaklık ekstremlerinin maksimum sıcaklıklardan daha güçlü eğilim göstermiştir [11].

Avrupa kıtasındaki ekstrem sıcaklık değişimleri ve gelecek iklim senaryolarıyla ilgili de birçok çalışma yapılmıştır [25, 55, 16, 44, 6, 38, 40]. Örneğin İtalya'da 1961-2004 yılları arasındaki 49 istasyonun maksimum ve minimum sıcaklıklardan elde edilen indis sonuçlarında 4 indis (soğuk gün, soğuk gece, donlu gün ve minimum mutlak sıcaklık) 43 yıllık periyotta ısınma eğilimi içerisinde iken 5 indis (yaz günü, tropikal gece, sıcak gün, sıcak gece ve maksimum mutlak sıcaklık) son 25 yılda ısınma eğilimindedir [54].

Türkiye'de 100 adet meteoroloji istasyonu kullanılarak elde edilen 27 ekstrem iklim indisinin 1971-2004 yılları arasındaki eğilimleri Şensoy vd. (2008) tarafından incelenmiştir. Türkiye'de yaz günleri ve tropik geceler sayılarının arttığı ancak buz günleri ve donlu günler sayılarında azalmaların olduğu ve trendlerin çoğunun %95 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlılık gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca Türkiye'de 1971-2004 döneminde serin günler ve serin geceler sayısında azalmalar yaşanmıştır. Sıcak günler ile sıcak geceler sayısında ise artışlar tespit edilmiştir [41].

Erlat ve Türkes (2017)'in Türkiye'de tropikal gece sayılarındaki değişimleri inceledikleri çalışmalarında 1950-2016 periyodunda 92 meteoroloji istasyonu kullanılmıştır. Sonuçlarda Türkiye'de 1985 yılından sonra istasyonların çoğunda yıllık tropikal gece

sayıları kuvvetli bir artış trendi gösterdiği belirlenmiştir. 1980'li yılların ortalarından başlayarak minimum sıcaklıklar dolayısıyla tropik gece sayıları Türkiye'de belirgin bir şekilde artmıştır [21].

Türkiye'de bölgesel temelde iklim indis eğilimlerinin incelendiği birçok çalışma yapılmıştır. Ege Bölgesi'nde sıcaklık ekstremlerindeki eğilimler Mann-Kendall trend analizi ile 6 farklı sıcaklık indisi (yaz günü, soğuk gün sayıları, soğuk gece sayıları, tropikal gün, sıcak gün sayıları, sıcak gece sayıları) için ortaya konulmuştur. Erhat ve Yavaşlı'nın (2011) birlikte yaptıkları bu çalışmada son 35 yılda tüm istasyonlarda yıllık sıcak gün ve sıcak gecelerde istatistiksel olarak önemli artışlar saptanmıştır. Analiz sonuçlarında soğuk ekstremlerin yaşandığı gün sayılarındaki azalmadan çok, sıcak ekstremlerin yaşandığı gün sayılarında artış tespit edilmiştir [20]. Ege Bölgesi'nde yer alan 9 istasyon için iklim indislerine bakılan bir başka çalışmada, sıcak gece ve sıcak günler ile yaz günlerinde artışlar gerçekleşirken soğuk devre süresi, serin gece, serin günler, günlük sıcaklık aralığında azalışlar gözlenmiştir [18]. Konya Ekstrem Sıcaklık Eğilim ve Değişimleri

Kızılelma vd. (2015) tarafından yapılmış olan çalışmada Antakya- Kahramanmaraş grabenindeki tropikal gün ve yaz günü sayıları incelenmiştir [36]. Bu çalışmada yaz ve tropikal gün sayılarında istatistiksel olarak anlamlı artışların yaşandığı ancak yaz mevsiminde tropikal gün sayılarında artış saptanırken, yaz günlerinde anlamlı bir azalma eğilimi tespit edilmiştir.

Sıcaklık ekstremlerinin yaşandığı İç Anadolu Bölgesi'nde de 8 sıcaklık indisinden elde edilen sonuçlarda yaz günü sayılarının düşük rakımlı alanlarda artarken yüksek rakımlı alanlarda azaldığı ancak donlu ve buzlu günlerin bölgenin en yüksek kesimi olan doğusunda fazla olduğu belirlenmiştir [2]. Çalışmada sıcak geçen ekstrem gün sayılarında dikkat çeken artışlar gözlenirken, serin veya soğuk günlerde azalmaların olması bölge genelinde sıcaklık ekstremlerinde ısınma yönünde bir eğilimin olduğunun göstergesidir. Bu çalışmaların yanında sıcaklık indisleri ile ekstrem sıcaklık değişimlerinin ortaya koyulduğu ve sıcaklığı etkileyen faktörlerin detaylı olarak incelendiği birçok çalışma vardır [49, 41, 5, 1, 35, 4].

Çalışmada Konya ilinde ekstrem hava sıcaklıklarında meydana gelen alansal ve zamansal değişiklikleri belirlemek amacıyla 6 meteoroloji istasyonundan elde edilen 16 sıcaklık indisi kullanılmıştır. İklim değişikliğinin bölgedeki etkisinin ortaya koyulması açısından maksimum ve minimum sıcaklıklardan elde edilen iklim indislerine bakılarak sıcaklık ekstremlerindeki değişimi ve gelişimin belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu indislerdeki eğilimler ise 4

farklı başlık altında (ekstrem indisler, ekstrem maksimum sıcaklık indisleri, ekstrem minimum sıcaklık indisleri ve diğer indisler) incelenmiştir.

## II. MATERYAL VE METOT

Çalışma alanı olan Konya ili İç Anadolu Bölgesi'nde iklim değişikliklerine karşı oldukça hassas bir coğrafi konumda yer almaktadır. Bulunduğu konum itibarıyla etrafı dağlarla çevrili bir çanak şeklinde topoğrafya özelliği gösteren Konya, denizel hava kütlelerinden yeterince etkilenmemektedir [13]. Ayrıca yöredeki bu coğrafi özellik hava hareketlerini ve rüzgâr oluşumunu da sınırlandırmaktadır [14]. İlin güneydoğusu, güneyi ve güneybatısında Toros Dağları ve uzantıları olduğu için dağları aşan hava akımları adyabatik olarak ısınmakta ve fön etkisi yapabilmektedir [2]. Türkiye yerelde ise Konya ilinde hava ve iklimi belirleyen başlıca atmosferik düzenekler yaz mevsimi süresince Kuzey Afrika ve Orta Doğu'dan gelen karasal tropikal hava akımları ile kışın kuzeydoğu Atlantik doğuşlu Akdeniz siklonları ve Azorlar bölgesinden kaynaklanan dinamik subtropikal antisiklonların bileşiminin olduğu tespit edilmiştir [50]. Konya'nın güney kesimlerinde Akdeniz iklimi, orta ve kuzeyinde yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk karasal iklim, Karapınar ve çevresinde ise çöl iklim koşulları hakimdir [14]. Çalışma alanı; basınç merkezlerinin yer değiştirmesiyle yazın Muson alçak basıncının etkisinde iken bazı kış mevsimlerinde termik oluşum gösteren Sibiry antisiklonundan kaynaklanan kararlı, şiddetli soğuklar ve kuru yüksek basınç koşullarına dahil olmaktadır [50, Şekil 1].

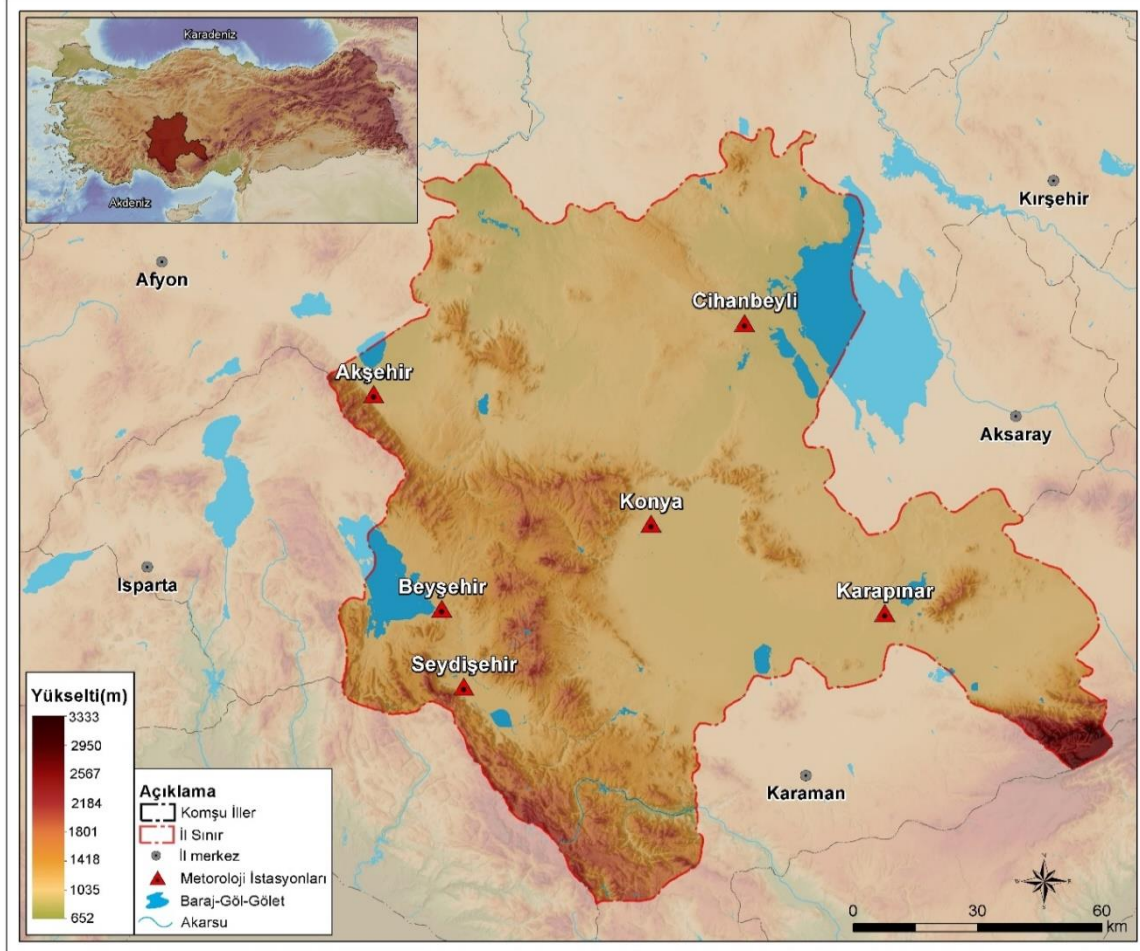
Tablo 1'de Thornthwaite metoduna göre çalışma alanındaki istasyonların iklim tipleri ve özellikleri verilmiştir. Thornthwaite İklim Sınıflandırma Sistemine göre Konya, Karapınar ve Cihanbeyli istasyonları genel olarak yarı kurak, 1. derecede mezotermal, su fazlası olamayan veya pek az olan karasal şartlara yakın iklim tipine dahil edilmiştir. Buldukları coğrafi konum itibarıyla Göller Yöresi içerisinde yer alan Beyşehir ve Akşehir istasyonları yarı kurak ve az nemli, 1. derece mezotermal, su fazlası kış mevsiminde ve çok kuvvetli olan denizel şartlara yakın iklim ile tanımlanır. Seydişehir istasyonu ise nemli, 1. derece mezotermal, su noksanı yaz mevsiminde çok kuvvetli olan karasal şartlara yakın iklim tipine sahiptir (Tablo 1).

Konya'da 1970-2020 yılları arasında ekstrem sıcaklıkların eğilimini incelemek amacıyla Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) Konya, Karaman, Seydişehir, Beyşehir, Cihanbeyli, Akşehir meteoroloji istasyonlarına ait günlük minimum ve maksimum sıcaklık verileri temin edilmiştir (Tablo 2). Bu veri serilerinin homojenlik düzeyini tespit etmek için serinin ortalamasına göre değişim ölçen parametrik dağılım göstermeyen Thom testi tercih

edilmiştir. Bu testin sonuçlarında verilerin homojen karakterde olduğu belirlenmiştir.

Küresel iklim değişikliğinin neden olduğu etkiyi tanımlayabileceğimiz WMO'ya bağlı İklim Değişikliği Belirleme ve İndis Uzman Grubu (ETCCDMI), 27 adet temel indis tanımlamıştır [3]. Bu çalışmada ekstrem iklim olaylarına odaklı ETCCDMI tarafından belirlenen 16 tane sıcaklık indisi

hesaplanmıştır (Tablo 3). Hesaplama işlemi R tabanlı bir yazılım olan RCLimdex isimli paket programı kullanılarak 1970-2020 yılları arasındaki günlük maksimum ve minimum sıcaklıkların girilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık indisleri; ekstrem indisler, ekstrem maksimum sıcaklık indisleri, ekstrem minimum sıcaklık indisleri ve diğer indisler olarak 4 gruba ayrılarak incelenmiştir (Tablo 3).



Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon haritası

Tablo 1. Thornthwaite İklim Sınıflandırmasına göre çalışma alanındaki istasyonların iklim sınıfları (MGM, 2022)

İstasyonlar	İklim İndeksleri	İklim Özellikleri
<b>Konya</b>	D,B'1,d,b'2	Yarı kurak, 1. derece mezotermal, su fazlası olmayan veya pek az olan karasal şartlara yakın iklim tipi
<b>Karapınar</b>	D,B'1,d,b'3	Yarı kurak, 1. derece mezotermal, su fazlası olmayan veya pek az olan karasal şartlara yakın iklim tipi
<b>Cihanbeyli</b>	D,B'1,s,b'2	Yarı kurak, 1. derece mezotermal, su fazlası kış mevsiminde ve orta derecede olan, karasal şartlara yakın iklim tipi
<b>Beyşehir</b>	C1,B'1,s2,b'3	Yarı kurak-az nemli, 1. derece mezotermal, su fazlası kış mevsiminde ve çok kuvvetli olan denizel şartlara yakın iklim tipi
<b>Akşehir</b>	C1,B'1,s2,b'3	Yarı kurak az nemli, 1. derece mezotermal, su fazlası kış mevsiminde ve çok kuvvetli olan denizel şartlara yakın iklim tipi
<b>Seydişehir</b>	B1,B'1,s2,b'3	Nemli, 1. derece mezotermal, su noksanı yaz mevsiminde çok kuvvetli olan karasal şartlara yakın iklim tipi

**Tablo 2.** Çalışmada kullanılan istasyonlara ait enlem, boylam, yükselti ve veri aralığı

İstasyon Adı	Enlem	Boylam	Yükselti (m)	Veri Aralığı
Karapınar	37,7143	33,5267	996	1970-2020
Seydişehir	37,4496	31,8538	1132	1970-2020
Akşehir	38,3688	31,4297	1002	1970-2020
Cihanbeyli	38,6505	32,9218	958	1970-2020
Konya	37,9837	32,574	1031	1970-2020
Beyşehir	37,6777	31,7463	1170	1970-2020

**Tablo 3.** Araştırmada kullanılan iklim indisleri ve tanımlamaları (Sun vd., 2018'den uyarlanmıştır).

Kategori	ID	İndis Adı	İndis Tanımı	Birim
<i>Ekstrem İndisler</i>	TXx	Max Tmax	Maksimum sıcaklıkların maksimumu	°C
	TXn	Min Tmax	Maksimum sıcaklıkların minimumu	°C
	TNx	Max Tmin	Minimum sıcaklıkların maksimumu	°C
	TNn	Min Tmin	Minimum sıcaklıkların minimumu	°C
<i>Ekstrem Maksimum Sıcaklık İndisler</i>	TX90p	Sıcak günler	Günlük maksimum sıcaklığın > 90 persantil içinde kaldığı gün sayısı	%
	TN90p	Sıcak geceler	Günlük minimum sıcaklığın > 90 persantil içinde kaldığı gün sayısı	%
	SU25	Yaz günleri	Günlük maksimum sıcaklığın > 25 °C olduğu günler (TX > 25 °C)	gün
	TR20	Tropikal geceler	Minimum sıcaklık > 20 °C olduğu günler	gün
	WSDI	Sıcak devre süresi indikatörü	Tmax > normalinin %90 olduğu en az 5 ardışık gün sayısı	gün
<i>Ekstrem Minimum Sıcaklık İndisler</i>	TX10p	Serin günler	Günlük maksimum sıcaklığın <10 persantil içinde kaldığı gün sayısı	%
	TN10p	Serin geceler	Günlük minimum sıcaklığın <10 persantil içinde kaldığı gün sayısı	%
	FDO	Donlu günler	Günlük minimum sıcaklığın <0 °C olduğu günler (TN <0 °C)	gün
	IDO	Buz günler	Maksimum sıcaklık <0 °C olduğu günler	gün
	CSDI	Soğuk devre süresi indikatörü	Tmin <normalinin %10 olduğu en az 6 ardışık gün sayısı	gün
	DTR	Günlük sıcaklık farkı	Tmax – Tmin	°C
<i>Diğer İndisler</i>	GSL	Gelişme sezonu uzunluğu	T > 5 °C olan ilk 6 gün ile T < 5 °C olan ilk 6 gün arasındaki günler toplamı	gün

Çalışmada ekstrem sıcaklık verilerinden elde edilen iklim indislerinin uzun yıllar olası değişim ve eğilimlerinin yönünü belirleyerek istatistiksel olarak anlamlı artış veya azalış eğiliminin olup olmadığını tespit etmek için Mann Kendall testi uygulanmıştır. Bu yöntem verilerde belirli bir düzene uyma zorunluluğu aramadığı ve parametrik dağılım göstermeyerek eksik verilere izin verdiği için tercih edilmektedir [29]. Metot verilerin büyüklüğünden ziyade sıralarını temel alır [34]. Zamana göre sıralanmış (X1, X2...Xn) seriler H0 hipotezinde zamandan bağımsız ve benzer dağılmış rasgele değişkenlerdir. H1 alternatif hipotezine göre ( $k \neq j$ ) ve  $n \geq k, j$  (n, data kayıt uzunluğu) olarak seride Xk ve Xj ardışık data değerlerinin dağılımı birbirlerinden farklıdır [37]. Mann Kendall testi uygulanması kolay, serisel korelasyon etkisini yok etmesi ve sıralar

üzerine esas olması açısından önem arz etmektedir [36,46]. M-K  $u(t)$  grafiklerinden elde edilen örneklem değeri yıllara göre meydana gelen trendin yönü ve istatistiksel açıdan büyüklüğü hakkında bilgi vermektedir [48]. Mann Kendall test istatistiği sonuçlarının yorumlanmasında, eğilimin yönü  $u(t)$  eğrisi ile gösterilmekte ve  $u(t)$  ve  $u'(t)$  eğrileri birkaç kez üst üste geldiğinde seride trendin olmadığını ancak  $u(t)$  ve  $u'(t)$  eğrilerinin birbirlerini keserek farklı yönlere ayrıldıkları nokta kuvvetli bir eğilimin başlangıcı olarak kabul edilmektedir [51]. Bu çalışmada normal dağılımın iki yanlı şeklinde  $\alpha=0,05$  anlamlılık seviyesinde güven aralığı  $\pm 1.96$  değerinde ise meydana gelen değişimler istatistiksel olarak önemsiz hipotezi ile ifade edilmektedir. Ancak sonuçlar kritik değer olan  $\pm 1.96$  dışında ise %95

güven aralığında anlamlı artış veya azalışların olduğu kabul edilir.

Çalışmada enterpolasyon yöntemlerinden olan IDW (Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi) metodu kullanılarak iklim indislerine ait haritalar elde edilmiştir. Bu metotta bilinen örnek noktalara ait değerler kullanılarak bilinmeyen noktaların hücre değerleri belirlenmektedir. Verilerin genel dağılımının incelendiği bu teknikte sadece yerel olarak veriler değerlendirilerek karşılaştırması yapılmaktadır [45]. IDW tahminlerinin yapıldığı formül aşağıdaki gibidir [15, 39].

$$z(X_0) = \frac{\sum_{i=1}^n z(X_i) \cdot d_{i0}^{-r}}{\sum_{i=1}^n d_{i0}^{-r}} \quad (1)$$

Eşitlik 1'de tahminlerin yapıldığı  $X_0$  lokasyonu, komşu ölçümleri  $n$ 'nin bir fonksiyonudur ( $z(x_i)$  ve  $i = 1, 2, \dots, n$ );  $r$  gözlemlerin her birinin atanmış ağırlığını belirleyen üstü ifade ederken gözlem lokasyonu  $X_i$  ile tahmin lokasyonu  $X_0$ 'ı ayıran mesafedir. Üs büyüdükçe, tahmin lokasyonundan uzak mesafedeki gözlemlerin atanmış ağırlığı küçülür ve üssün artması, tahminlerin en yakındaki gözlemlere çok benzediğini gösterir [15]. Ayrıca ekstrem sıcaklık indislerinin diğerleri ile ilişkilerinin yönünü ve gücünü belirleyerek ekstrem sıcaklık indisleri arasındaki potansiyel etkiyi tespit etmek amacıyla Pearson korelasyon analizi yapılmıştır. Pearson korelasyon sonuçlarında  $0,00 \pm 0,25$  arası çok zayıf,  $0,26 \pm 0,49$  arası zayıf,  $0,50 \pm 0,69$  orta seviyede iken  $0,70 \pm 0,89$  arası yüksek,  $0,90 \pm 1,00$  ise çok yüksek ilişki olarak kabul edilmiştir [30].

### III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Türkiye'de sıcaklık indislerinin alansal dağılımında farklılıklar oluşmasında; karasallık, yer şekilleri, yükselti, güneşten gelen radyasyonlar ve hava kütleleri gibi birçok faktör etkili olmaktadır [37, 20]. MGM'den alınan günlük maksimum ve minimum sıcaklık verileri kullanılarak ETCCDMI tarafından belirlenen 16 ekstrem sıcaklık indisi elde edilmiştir. Böylece ortalama indislerin zaman içerisindeki değişimleri ve ekstrem trendlerle ilgili önemli bilgiler sağlanmıştır.

#### 3.1. Ekstrem İndisler

Çalışma alanında kullanılan istasyonlara ait  $TX_n$  ve Konya istasyonu haricinde  $TN_n$ 'de istatistiksel olarak önemli eğilimler yoktur (Tablo 4). Günlük maksimum sıcaklıkların aylık maksimum değeri olarak ifade edilen  $TX_x$ 'de diğer indislere göre daha yüksek artışlar gerçekleşmiştir (Tablo 4). Günlük minimum sıcaklıkların maksimumu olan  $TN_x$  indisi, Seydişehir dışındaki bütün istasyonlarda %95 güven aralığında anlamlı artış eğilimi göstermiştir (Tablo 4).

$TX_x$  günlük maksimum sıcaklıkların maksimumu değeri olarak ifade edilmektedir. 6 istasyonda da %95 güven aralığında anlamlı artışlar yaşanırken diğer istasyonlara göre 51 yılda en yüksek artış  $3,6$  °C ile Cihanbeyli'de gözlenmiştir (Şekil 2a). Seydişehir ( $3$  °C) ve Beyşehir ( $2,7$  °C) istasyonlarında da yüksek artışlar belirlenmiştir.  $TX_x$  indisinde en düşük değere sahip olan istasyon ise 51 yılda  $1,3$  °C ile Karapınar'dır (Şekil 2a). Şekil 2c'de ise Göller Yöresi'nde bulunan Seydişehir ( $1,68$  °C) ve Beyşehir ( $1,73$  °C) istasyonları en düşük değerlere sahip iken Konya havzası sınırları içerisinde daha kurak ve kritik konumda yer alan Cihanbeyli ( $3,41$  °C), Konya ( $3,16$  °C) ve Karapınar ( $2,55$  °C) istasyonlarında yüksek  $TN_x$  değerleri tespit edilmiştir.

#### 3.2. Ekstrem Maksimum Sıcaklık İndisleri

$TN90p$  ve  $TX90p$  indislerine ait sıcak gece ve sıcak gün sayısı baz alınarak istasyonlar için tahmini eğilimler (günlük maksimum sıcaklıklar 90. yüzdeler diliminin üzerinde) Tablo 5'te belirtilmiştir.

Beyşehir hariç diğer tüm istasyonlarda sıcak gecelerdeki ( $TN90p$ ) artışlar istatistiksel olarak anlamlıdır (%95 düzeyinde). Sıcak geceler sayısında meydana gelen artışların çalışma alanındaki gibi tüm dünyada da artış eğiliminde olduğu IPCC raporlarında ortaya koyulmuştur [26]. Sıcak günlerde ( $TX90p$ ) ise tüm istasyonların istatistiksel olarak %95 güven aralığında anlamlı artışlar gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 3a).

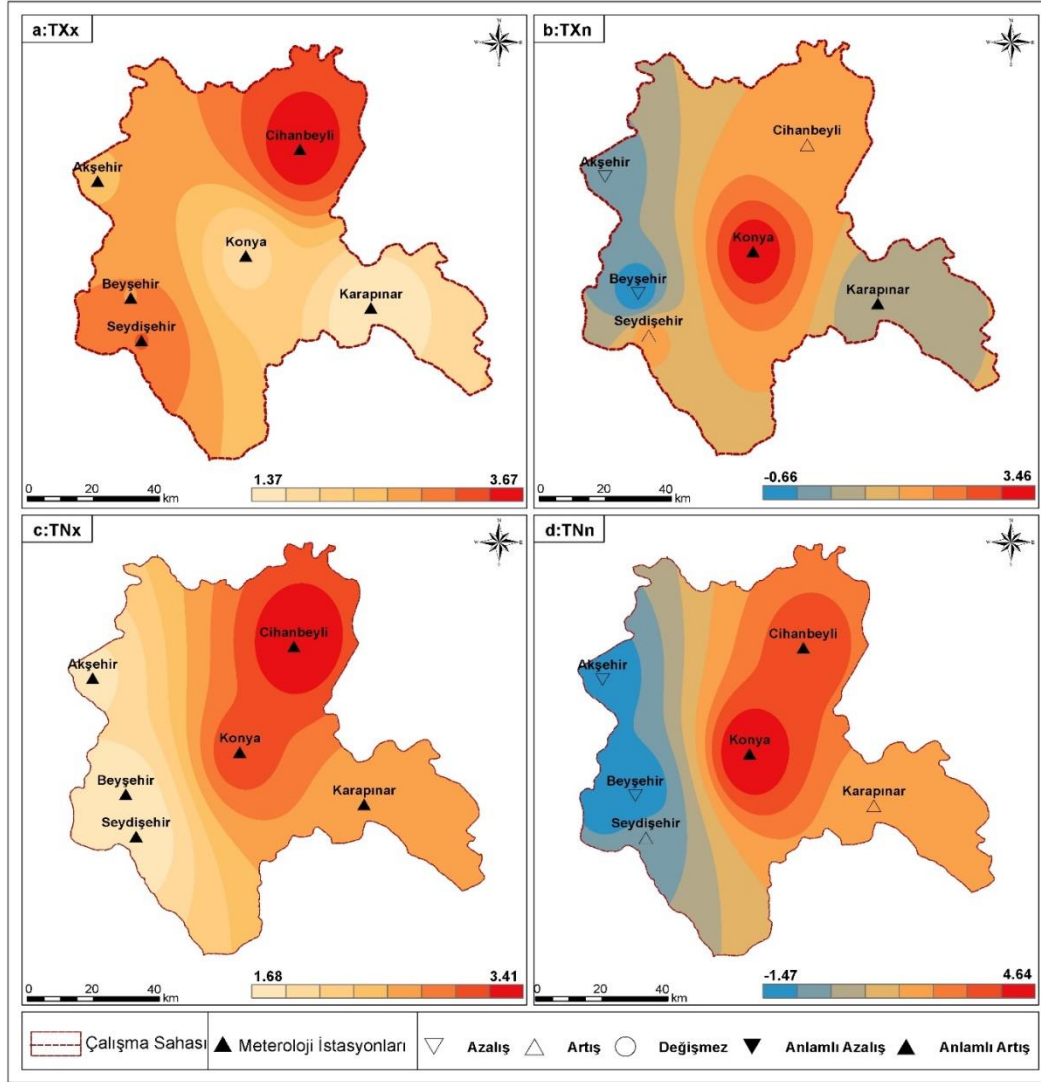
Tropikal geceler ( $TR20$ ) indisinde 14 gün ile en fazla artış Konya istasyonunda olurken Beyşehir (1 gün) ve Karapınar (0 gün) istasyonlarında düşük gün sayıları dikkat çekmektedir (Şekil 3d). Konya'da  $TR20$  indisinin diğer istasyonlara göre daha yüksek değerde olmasına şehirleşmenin sonucunda ortaya çıkan şehir ısı adasının oluşturduğu etki gösterilebilir.

Tropik gecelerde %95 güven aralığında Karapınar ( $7,2$  °C) ve Beyşehir ( $5,2$  °C) istasyonları istatistiksel olarak anlamlı azalış eğilimleri gösterirken Konya ve Seydişehir istasyonlarında anlamlı artışlar belirlenmiştir (Tablo 5).

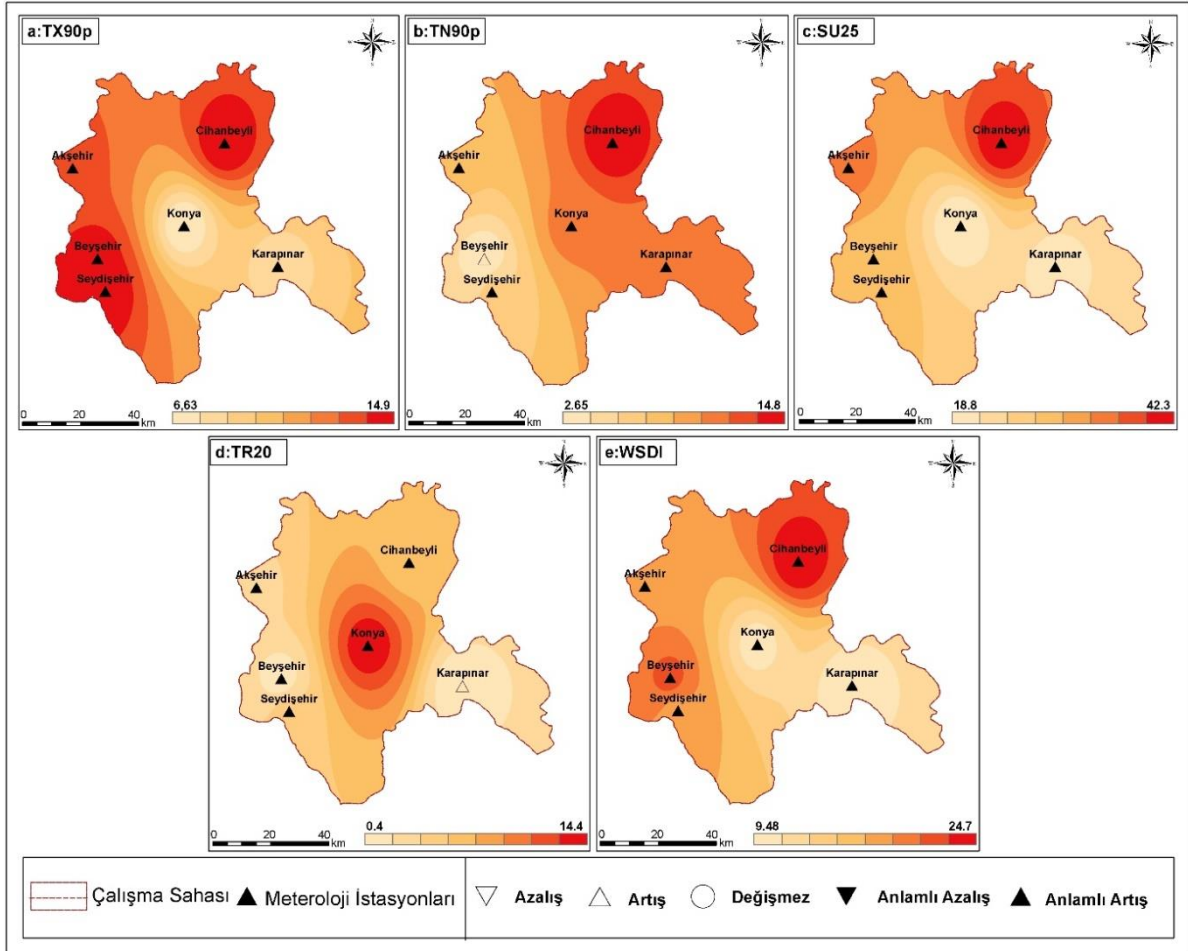
Yaz günleri indisinde ( $SU25$ ) genel olarak bütün istasyonların eğilimine bakıldığında %95 anlamlılık seviyesinde artışlar vardır (Tablo 5). Şekil 3c'ye göre  $SU25$  indisine ait en fazla artış 42 gün ile Cihanbeyli istasyonunda tespit edilmiştir. Akşehir ( $34,7$  gün), Seydişehir ( $28,7$  gün), Beyşehir ( $28,7$  gün) ve Karapınar ( $20,8$  gün) artış değeri yüksek diğer istasyonlardır. Konya'nın tropik geceler indisi değeri  $18,8$  gün ile istasyonlar arasında en az artış oranına sahiptir (Şekil 3c). Tropikal gece sıcaklıklarındaki düşük eğilimlerin aksine yaz günlerinde üç kat daha fazla artış olmuştur.

**Tablo 4.** Ekstrem sıcaklık indislerinin Mann Kendall-tau değerleri (Kalın puntolar %95 güven aralığını göstermektedir).

	Karapınar	Seydişehir	Akşehir	Cihanbeyli	Konya	Beypazarı
<i>TXx</i>	1,59	<b>3,37</b>	<b>3,19</b>	<b>3,87</b>	<b>1,97</b>	<b>3,44</b>
<i>TXn</i>	-0,12	1,23	-0,09	0,69	1,92	-0,76
<i>TNx</i>	<b>3,5</b>	1,84	<b>2,57</b>	<b>3,44</b>	<b>2,9</b>	<b>2,54</b>
<i>TNn</i>	0,82	0,02	-0,67	1,62	<b>2,15</b>	-0,85

**Şekil 2.** 1970-2020 yılları arasında ekstrem sıcaklık indislerine ait trend analizi sonuçları**Tablo 5.** Ekstrem maksimum sıcaklık indislerinin Mann Kendall-tau değerleri (Kalın puntolar %95 güven aralığını göstermektedir).

	Karapınar	Seydişehir	Akşehir	Cihanbeyli	Konya	Beypazarı
<i>TX90p</i>	<b>4,12</b>	<b>5,63</b>	<b>4,77</b>	<b>5,51</b>	<b>3,29</b>	<b>5,47</b>
<i>TN90p</i>	<b>5,51</b>	<b>2,9</b>	<b>4,18</b>	<b>5,69</b>	<b>4,87</b>	1,42
<i>TR20</i>	<b>-7,22</b>	<b>2,17</b>	0,77	0,59	<b>4,46</b>	<b>-5,27</b>
<i>SU25</i>	<b>3,37</b>	<b>4,26</b>	<b>4,36</b>	<b>5,92</b>	<b>2,9</b>	<b>4,51</b>
<i>WSDI</i>	-0,63	1,94	1,5	1,52	0,79	1,8



Şekil 3. 1970-2020 yılları arasında ekstrem maksimum sıcaklık indislerine ait trend analizi sonuçları

Sıcak devre süresi göstergesi (WSDI) günlük maksimum sıcaklığın %90'ın üstünde olduğu en az 6 ardışık gün sayısıdır. Sıcak devre süresi değerleri trend analizinde tüm istasyonlarda %95 güven aralığında anlamlı sonuçlar göstererek Cihanbeyli (24,6 gün) ve Beyşehir (21,1 gün) istasyonlarında en yüksek artışları gerçekleştirmiştir (Şekil 3e). Seydişehir ve Akşehir istasyonlarının 51 yılda 18 gün ile aynı değerde artış gösterirken Konya (10 gün) ve Karapınar (9,4 gün) istasyonlarında birbirlerine yakın artışlar vardır (Şekil 3e). Ancak Tablo 5'de Mann Kendall-tau değerlerinin istasyonların tamamında istatistiksel olarak önemsiz değerler gösterdiği tespit edilmiştir.

### 3.3. Ekstrem Minimum Sıcaklık İndisleri

TN10p ve TX10p indislerine ait serin gece ve serin gün sayısı için istasyon bazında tahmini eğilimler (günlük minimum veya maksimum sıcaklıklar 10. yüzdalık diliminin altında) belirlenmiştir. Serin günler (TX10p) indisinde tüm istasyonların istatistiksel olarak %95 güven aralığında anlamlı azalan trendler gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 6).

Çalışmada kullanılan istasyonlarda (Beyşehir hariç) soğuk geceler (TN10p) indisinde düşüşler %95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlıdır (Tablo 6). Donlu günler (FD0) indisinde yıllık en fazla artış

ortalama 2 gün ile Beyşehir iken en fazla düşüş 22 gün ile Cihanbeyli istasyonunda gerçekleşmiştir (Şekil 4c). Karasal iklim koşullarının hâkim olduğu bir bölgede yer alan çalışma alanındaki istasyonlardan donlu günler sayısı Karapınar (2 gün), Cihanbeyli (2 gün) ve Konya (2 gün) istasyonlarında %95 güven aralığında anlamlı azalış eğilimindeyken Seydişehir, Akşehir ve Beyşehir istasyonlarında FDO indisi istatistiksel olarak önemsizdir (Tablo 6).

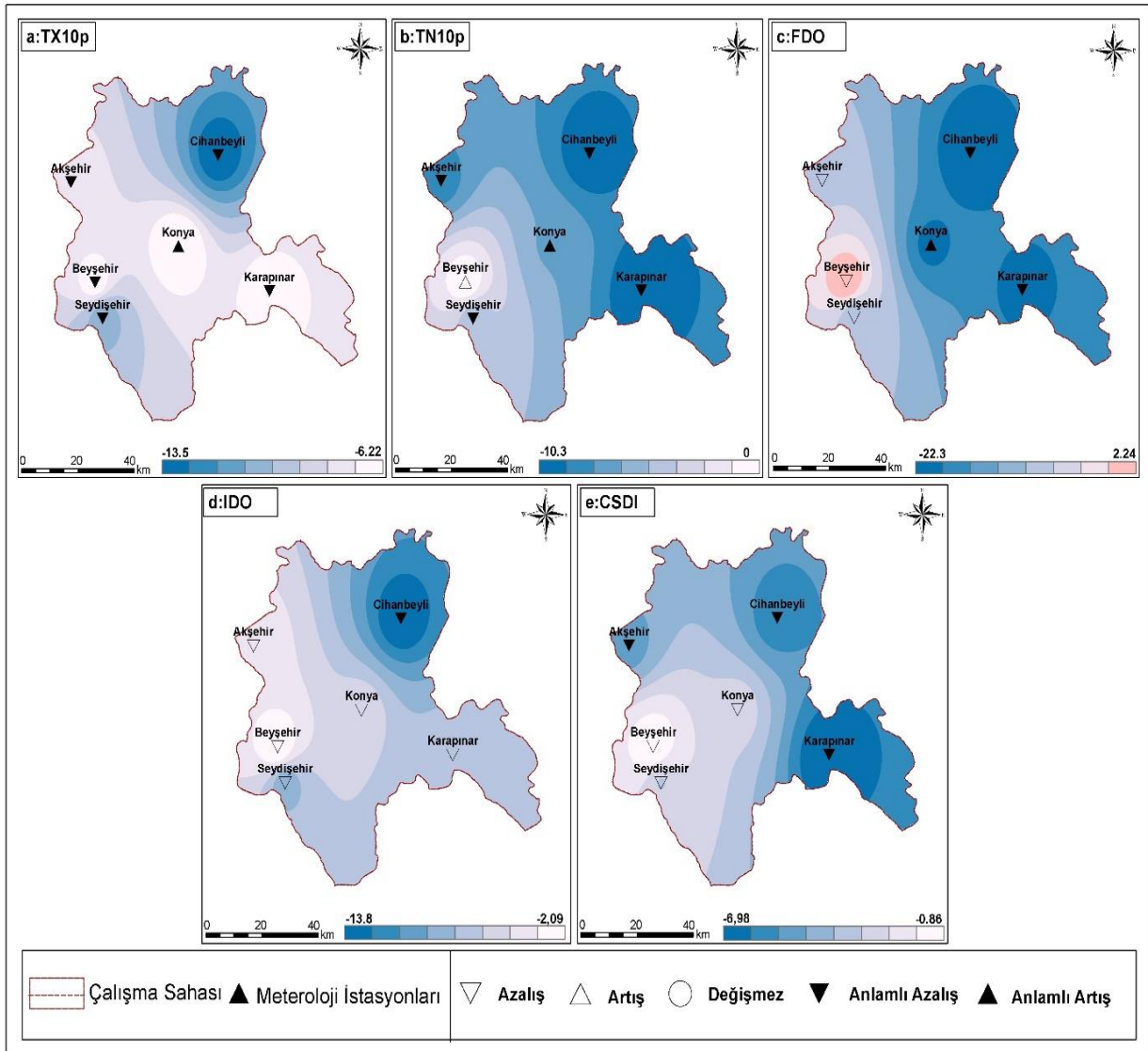
Maksimum sıcaklıkların 0 °C'den düşük olduğu günler olan Buzlu günler (IDO) indisindeki azalışlar Cihanbeyli istasyonu hariç diğer tüm istasyonlarda istatistiksel olarak önemsizdir (Tablo 6). Buzlu günler indisinde Akşehir (4 gün), Konya (5 gün) ve Beyşehir (2 gün) istasyonlarında azalışların olduğu belirlenmiştir (Şekil 4d). Genel olarak bakıldığında donlu günlerdeki artış eğilimi buzlu günlere oranla 3 kat daha fazla gerçekleşmiştir (Şekil, 4).

Soğuk devre süresi göstergesinde (CSDI) Seydişehir hariç diğer tüm istasyonlarda %95 güven aralığında anlamlı azalış eğilimleri tespit edilmiştir (Tablo 5). Karapınar (7 gün), Cihanbeyli (6 gün) ve Akşehir (5 gün) istasyonlarında diğer istasyonlara göre daha fazla azalış eğilimleri gözlenmiştir (Şekil 4e).



**Tablo 6.** Ekstrem minimum sıcaklık indislerinin Mann Kendall-tau değerleri (Kalın puntolar %95 güven aralığını göstermektedir)

	Karapınar	Seydişehir	Akşehir	Cihanbeyli	Konya	Beyşehir
<i>TN10p</i>	-5,55	-3,31	-4,12	-4,65	-4,09	0,59
<i>TX10p</i>	-3,35	-5,29	-3,87	-5,86	-3,61	-3,83
<i>IDO</i>	-1,47	-1,58	-1,41	-2,71	-1,29	-0,71
<i>FDO</i>	-2,88	-1,32	-0,85	-2,82	-2,28	0,28
<i>CSDI</i>	-7,24	1,94	-4,46	-5,5	-6,44	-3,99

**Şekil 4.** 1970-2020 yılları arasında ekstrem minimum sıcaklık indislerine ait trend analizi sonuçları

### 3.4. Diğer İndisler

Günlük sıcaklık farkı (DTR) indisi, maksimum ve minimum sıcaklıklarda meydana gelen değişimi göstererek tek başına ortalama sıcaklıktan daha fazla bilgi sağlayabilir [7]. Konya ve Karapınar istasyonlarına ait DTR indisinde istatistiksel olarak önemsiz azalmalar belirlenirken diğer tüm istasyonlarda günlük maksimum sıcaklıkların minimum sıcaklıklara göre daha fazla artış göstermesi sebebiyle %95 güven aralığında anlamlı artış eğilimleri belirlenmiştir (Tablo 7). Şekil 5a'ya göre Seydişehir (1,6 °C) ve Beyşehir (1,9 °C) DTR artış eğilimlerinin en fazla olduğu istasyonlardır. Bu artışların sebebine maksimum sıcaklıklar sabit kaldığında minimum sıcaklığın düşmesi veya minimum sıcaklıklar sabit iken maksimum sıcaklıkların artması ya da tam tersi bir durum gösterilebilir [5].

Gelişme sezonu uzunluğu indisinde 3 istasyonda %95 güven aralığında anlamlı artışlar vardır (Tablo 7). Gelişme sezonu uzunluğu artışı en fazla 40,3 gün ile Cihanbeyli'de iken sonrasında Karapınar (33,9 gün) ve Seydişehir (30 gün) istasyonları takip etmiştir (Şekil 5b). İstasyonlardaki gelişme sezonu uzunluğu günlerindeki artış tarım ürünlerinin büyüme süresini kısaltmak için olumlu etki yaparken azalan aşırı minimum sıcaklık ve artan aşırı maksimum sıcaklık sebebiyle kışlık buğday verimini azaltabilmektedir. Ayrıca kış mevsimine gereksinim duyan meyve ağaçları üzerinde de negatif etkisi olacaktır [5, 42, 56].

**3.5. Ekstrem Sıcaklık İndislerinin Zamansal Desenleri**  
Şekil 6k'ya göre istasyonların TNx indisindeki değişimleri incelendiğinde artışlar 2000 yılından sonra belirginleşmiştir.

TXx indisinde 2000 yılına kadar istasyonlarda soğuma eğilimleri belirlenmiştir ancak sonraki yıllarda genel eğilim artış yönünde gerçekleşmiştir (Şekil 6l). TX90p indisinde de TXx indisine benzer şekilde 2000 yılından günümüze kadar bazı istasyonlarda sıcak günlerde artış ve azalışlar birbirini izlese de 2000 yılından sonra artışlar belirgin hale gelmiştir (Şekil 6d).

İstasyonlara ait TX10p indisinde 1997 yılına kadar artış ve azalışların olduğu ancak 2000 yılından sonra ortalama azalış eğiliminin çok daha net olduğu gözlenmiştir (Şekil 6c). Şekil 6g'de FDO indisi için 2010 ve 2018 yıllarındaki azalışın bütün istasyonlarda gerçekleşmesi dikkat çekmektedir. IDO ise istasyonların tamamında 1990 ve 1995 yılları arasında en yüksek artışları gösterirken sonraki yıllarda azalmalar belirgindir (Şekil, 6h). Ayrıca Şekil 6i incelendiğinde 1980 yılından başlayarak 10 yıl süre ile soğuk devre süresinde ve sayısında azalmalar gerçekleşmiştir. Genel olarak 2000 yılından sonra

ekstrem minimum sıcaklık indislerinde özellikle azalmalar gözlenirken ekstrem maksimum sıcaklık indislerinde artışlar yaşanmıştır (Şekil 6).

### 3.6. Ekstrem Sıcaklık İndislerinin Değişim ve Eğilimleri

Çalışma alanındaki 6 istasyona ait ekstrem sıcaklık indis değerlerinin ortalamaları kullanılarak elde edilen eğilim ve değişimler Şekil 7'de verilmiştir. Genel olarak, ekstrem sıcaklık indisleri (TXx, TNx), ekstrem maksimum (TR20), ekstrem minimum sıcaklık (TN10P, TX10P, CSDI) indislerinde ve diğer indislerde (DTR) 2005 yılından sonra istatistiksel olarak anlamlı artış ve azalış eğilimleri tespit edilmiştir (Şekil 7). Ayrıca bir diğer değişikliğin yaşandığı yıl olan 2000'den sonrada ekstrem sıcaklık indislerinde (TX90P, TN90P, SU25) anlamlı artışlar vardır. İstasyonlara ait  $u(t)-u'(t)$  grafiklerinde  $u(t)$  eğrisi 6 istasyonda da 1980-2003 yılları arasında %95 anlamlılık seviyesinde negatif trend göstermiştir. Trendlerin başlangıç yılı ise 1978'dir (Şekil 7).

GSL indisinde 2011 yılından sonra artma trendi başlasa da istatistiksel olarak anlamlı artışlar 2017'den sonra gerçekleşmiştir. Bu artışlar Konya ilinde kış mevsimi koşullarına ihtiyaç duyan ürünler için olumsuz etki yaratabilmektedir. Ekstrem minimum sıcaklık indislerinden olan donlu gün ve buzlu gün sayıları ile ekstrem indislerde (TXx, TNx) ise istatistiksel olarak önemli olmayan değişimler belirlenmiştir (Şekil, 7). İç Anadolu Bölgesi'ni de kapsayan önceki çalışmaların sonuçlarında da maksimum sıcaklık ekstremlerinde artışlar, minimum sıcaklık ekstremlerde azalmaların olduğu benzer varyasyonlar izlenmiştir [2, 37].

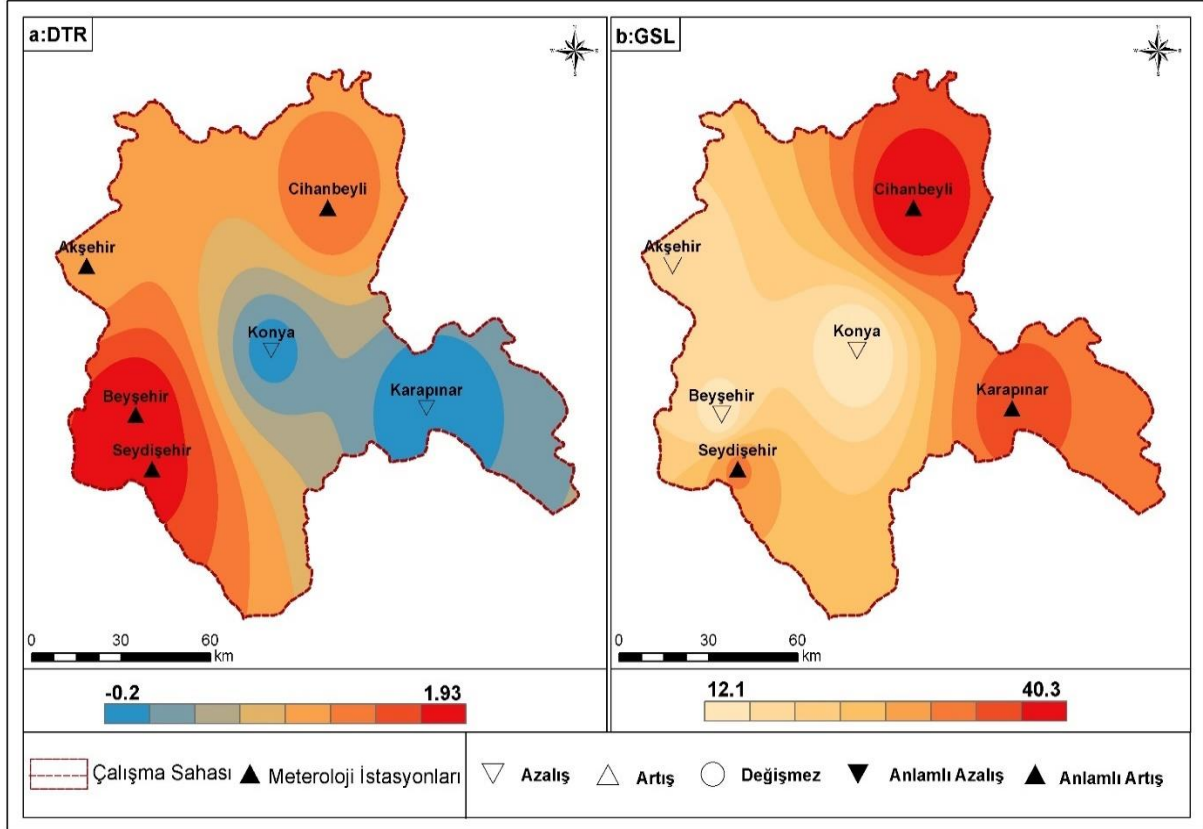
### 3.7. Ekstrem Sıcaklık İndisleri Arasındaki Korelasyonlar

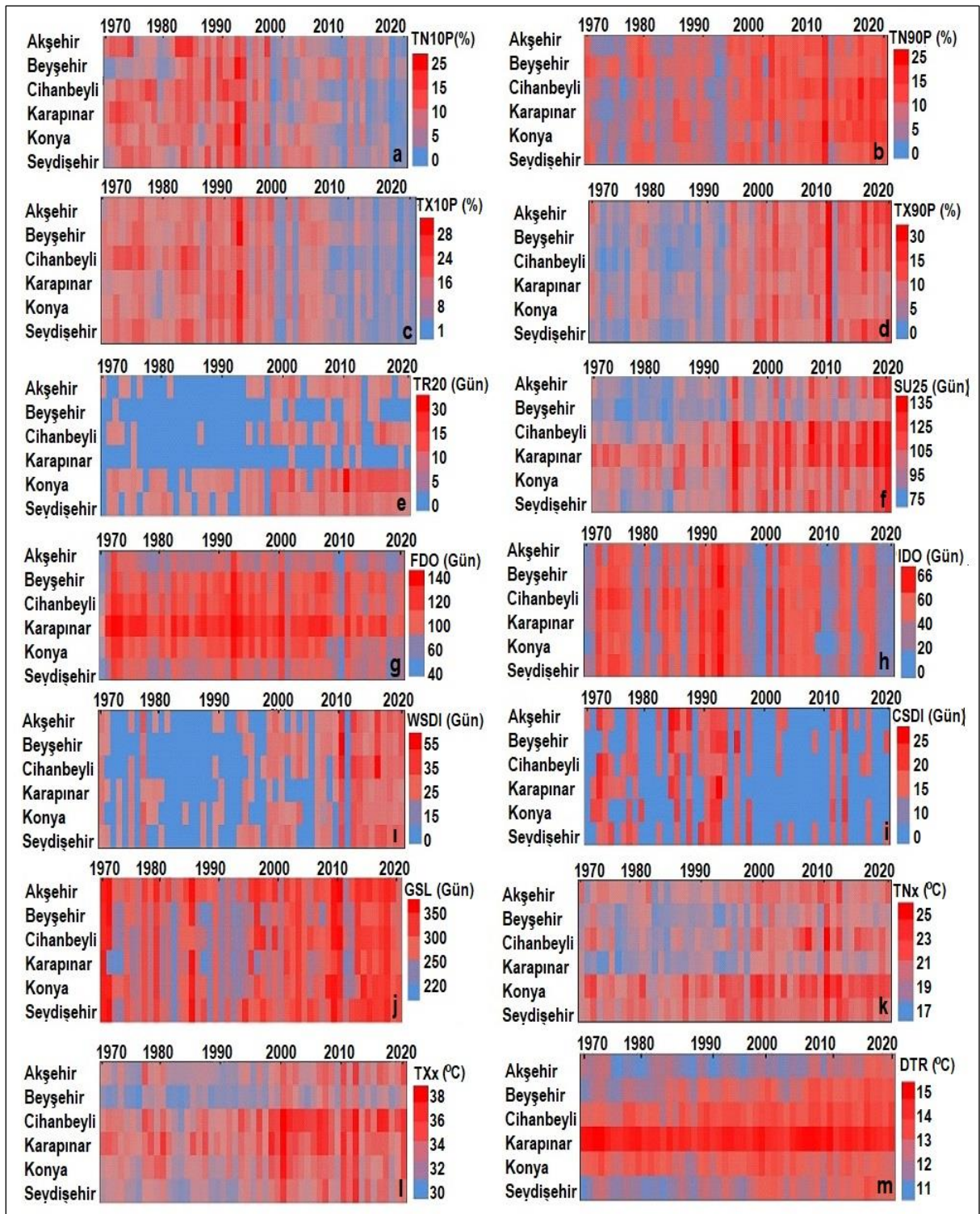
Çalışmada bazı ekstrem sıcaklık indislerinin diğerleri üzerindeki potansiyel etkisini belirlemek için [42] sıcaklık indisleri arasında korelasyon analizi yapılmıştır (Şekil, 8).

Şekil 8'e göre ekstrem maksimum sıcaklık indisleri ile ekstrem minimum sıcaklık indisleri arasında istatistiksel olarak önemli ilişki olmadığı tespit edilmiştir. Ekstrem sıcaklık indislerinden TXx indisi ile TNx arasında pozitif yönde (0.76) istatistiksel olarak anlamlı yüksek bir ilişki vardır. TXn ve TNn, %99 güven aralığında 0.94 ilişki katsayısı ile en yüksek korelasyona sahip indislerdir. Ayrıca IDO ve TNn (0.79) ile DTR ve TX90P (0.74) indisleri arasında da %99 güven aralığında yüksek ilişki belirlenmiştir. Minimum sıcaklık indisleri arasındaki korelasyonlarda TN10P, %99 anlamlılık düzeyinde diğer minimum sıcaklık indisleri ile daha yüksek ilişki değerlerine sahiptir (Şekil 8).

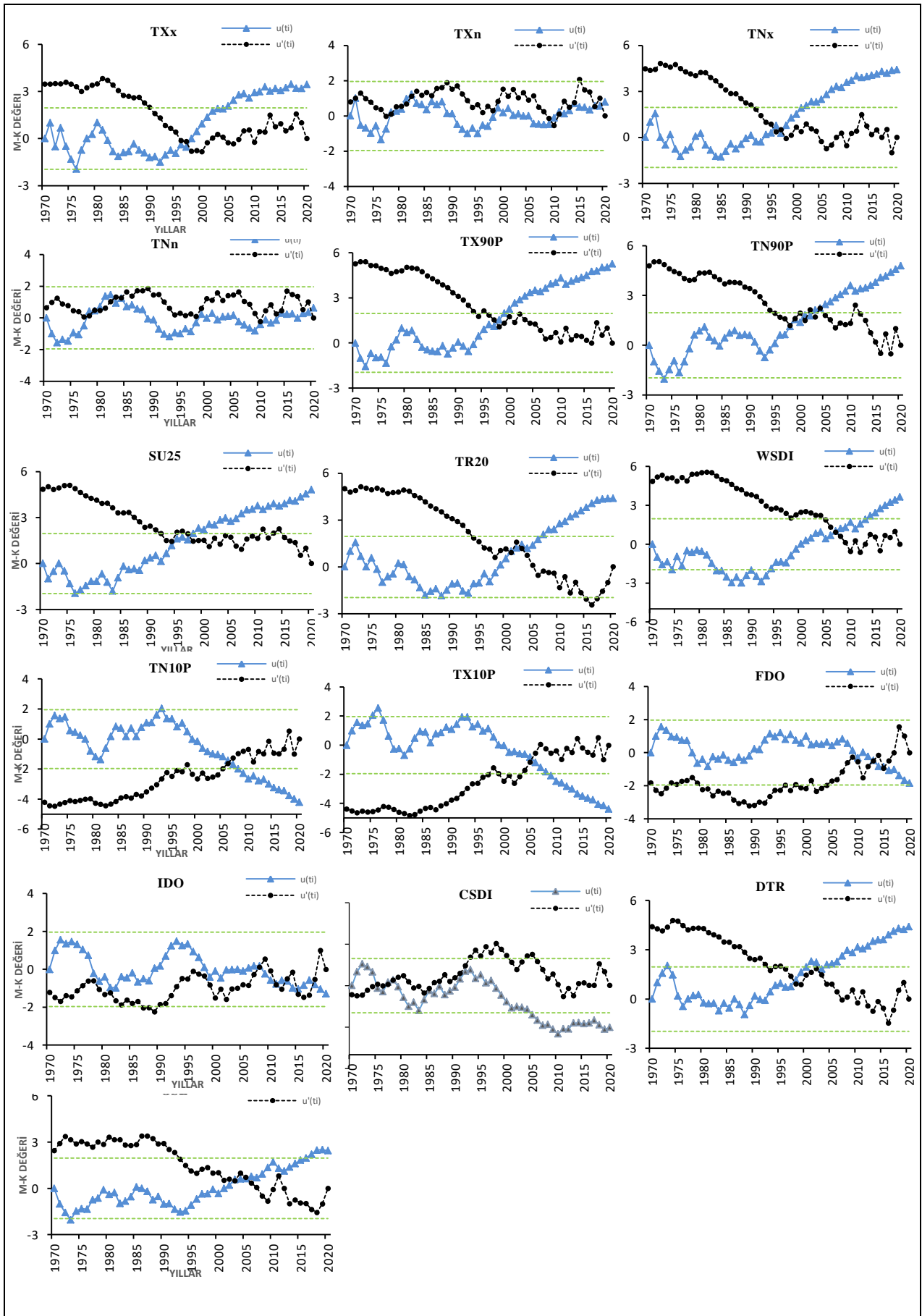
**Tablo 7.** Diğer sıcaklık indislerinin Mann Kendall-tau değerleri (Kalın puntolar %95 güven aralığını göstermektedir)

	Karapınar	Seydişehir	Akşehir	Cihanbeyli	Konya	Beyşehir
<i>DTR</i>	-0,69	<b>5,45</b>	<b>3,21</b>	<b>4,46</b>	-0,97	<b>6,05</b>
<i>GSL</i>	<b>2,57</b>	<b>2,74</b>	1,36	<b>2,66</b>	1,34	1,15

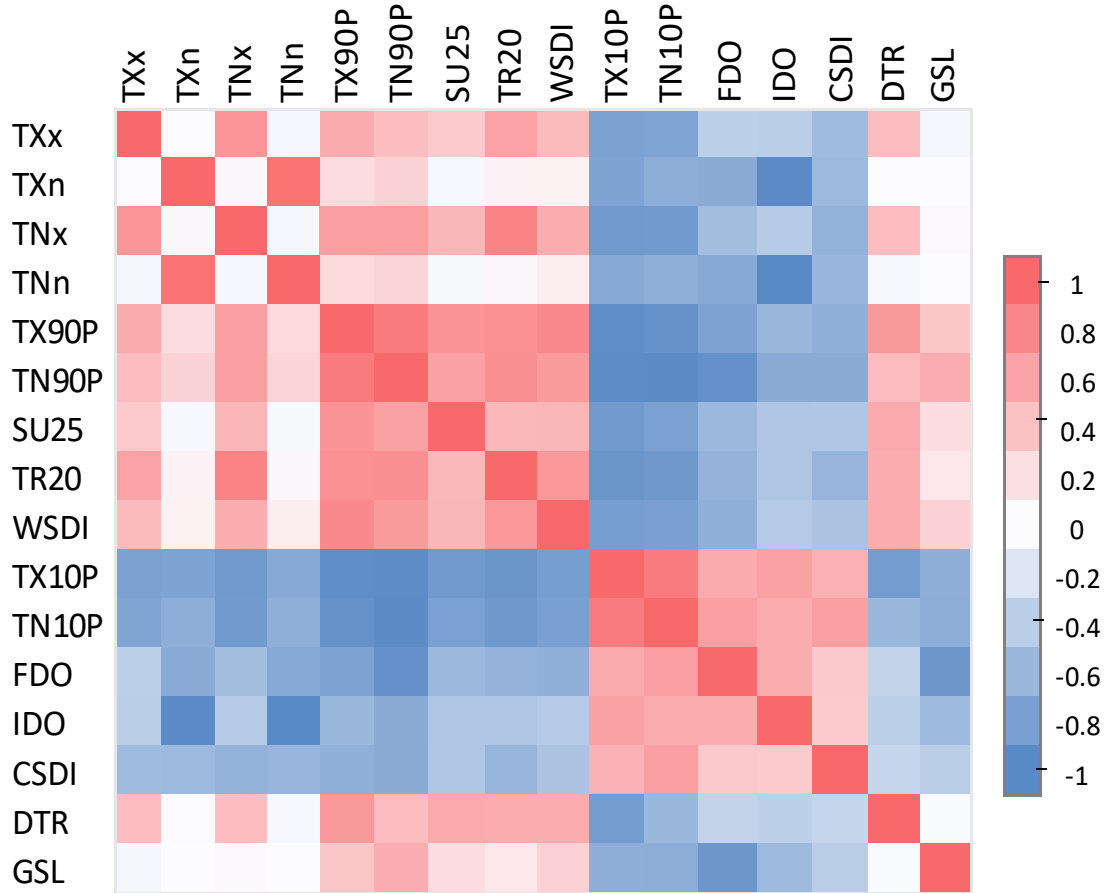
**Şekil 5.** 1970-2020 yılları arasında diğer sıcaklık indislerine ait trend analizi sonuçları



**Şekil 6.** İndis bulguları a. Serin geceler (TN10p)(%) b. Sıcak geceler (TN90p)(%) c. Serin günler (TX10p)(%) d. Sıcak günler (TX90p)(%) e. Tropikal geceler (TR20)(gün) f. Yaz günleri (SU25)(gün) g. Donlu günler (FDO)(gün) h.) Buzlu günler (IDO)(gün) i. Sıcak devre süresi göstergesi (WSDI)(gün) i. Soğuk devre süresi göstergesi (CSDI)(gün) j. Gelişme sezonu uzunluğu (GSL)(gün) k. Günlük minimum sıcaklıkların maksimumu (TNx)( °C) l. Günlük maksimum sıcaklıkların maksimumu (TXx)( °C) m. Günlük sıcaklık farkı (DTR)( °C)



Şekil 7. 1970-2020 yılları arasında ekstrem sıcaklık indislerindeki eğilim ve değişimler



Şekil 8. 1970-2020 yılları arasında ekstrem sıcaklık indisleri arasındaki korelasyon

Sıcaklık indisleri arasındaki korelasyon ilişkileri karşılaştırıldığında, TXn ve TNx indisleri ile maksimum sıcaklık indisleri arasında istatistiksel olarak önemsiz olan pozitif yönde zayıf bir korelasyon vardır. Ancak maksimum sıcaklık indisleri arasında TR20 indisinin TNx ile %95 güven aralığında 0.86 ilişki katsayısı ile diğerlerine kıyasla daha yüksek ilişki içerisinde olduğu ortaya konulmuştur. Minimum sıcaklık indisleri ile TXn ve TNx indisleri arasında ise %99 güven aralığında negatif yönde daha yüksek ilişki katsayıları tespit edilmiştir. Özellikle IDO ile TXn (-0.78) ve TNx (-0.79) indisleri diğer minimum sıcaklık indislerine göre daha yüksek korelasyon katsayısı göstermektedir. Genellikle ekstrem maksimum sıcaklık indisleri ile ekstrem minimum sıcaklık indisleri arasında negatif ilişki bulunmuştur. Pozitif yönde %95 güven aralığında anlamlı ilişki katsayılarına ise ekstrem minimum sıcaklıklar arasında rastlanmaktadır (Şekil 8). Ekstrem maksimum sıcaklık indisleri arasındaki ilişkilerin ekstrem minimum sıcaklık indisleri arasındaki ilişki katsayıları ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak önemli daha yüksek korelasyon katsayılarına sahip olduğu belirlenmiştir. Korelasyon analizi sonuçlarında GSL (diğer indisler) ile en yüksek ilişkiye sahip indisinin FDO (ekstrem minimum sıcaklık) olması donlu günlerinin önemli ölçüde azalmasının büyüme sezon uzunluklarının uzamasına yardımcı olabileceğini göstermektedir (Şekil 8).

## V.SONUÇ

Küresel ısınmanın ortaya çıkardığı olumsuz etkiler hem ekolojik çevre hem de insan yaşamı için oldukça tehlikeli bir boyuta ulaşmıştır. Bu noktada iklimin en önemli elemanlarından olan sıcaklıklardaki değişikliklerin belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada İç Anadolu Bölgesi içerisinde, iklim değişikliklerine karşı oldukça hassas bir coğrafi konumda bulunan Konya'nın sıcaklık indislerindeki eğilim ve değişimlerine bakılmıştır. Ayrıca ekstrem indislerdeki trendlerin mekansal dağılımları gösterilerek indisler arasındaki ilişki seviyeleri yapılan korelasyon analizi ile belirlenmiştir. Böylece çalışma alanına ait sıcaklık indislerindeki değişimler istasyonlar ölçeğinde incelenerek küresel ısınma etkisinin ortaya koyulması amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın sonuçlarında; ekstrem maksimum sıcaklık indisleri genel olarak artış eğilimi içerisindeyken ekstrem minimum sıcaklık indislerinde azalma trendleri tespit edilmiştir. Maksimum sıcaklık ekstremlerinde artışların, minimum sıcaklık ekstremlerde dolayısıyla soğuk günlerde azalmaların olduğu varyasyonlara Dünya ve Türkiye ölçeğindeki çalışmalarda da benzer sonuçlara rastlanmıştır [23, 57, 3, 58, 37, 5, 42, 2, 35, 18, 17]. Ayrıca çalışmada ekstrem maksimum sıcaklık indislerindeki artış ve ekstrem minimum sıcaklık indislerindeki azalma GSL indisinde artışlara neden olmuştur. Bu artış tarım

ürünlerinin büyüme süresini kısaltmak için olumlu etki yaparken azalan aşırı minimum sıcaklık ve artan aşırı maksimum sıcaklık sebebiyle tarla ürünlerinin verimini azaltabilmektedir [55]. GSL indisinde meydana gelen artışlar Konya ilinde kış mevsimi koşullarına ihtiyaç duyan ürünler için olumsuz etki yaratabilmektedir.

Sıcaklık indislerinin birbirleri üzerindeki potansiyel etkisini belirlemek için ekstrem sıcaklık indisleri arasında yapılan korelasyon analizinde ise ekstrem maksimum sıcaklık indisleri ile ekstrem minimum sıcaklık indisleri arasında negatif ilişki tespit edilirken ekstrem minimum sıcaklıklar arasında pozitif yönde %95 güven aralığında anlamlı ilişki katsayıları vardır. Küresel iklim değişiminin bir sonucu olarak çalışma alanında maksimum sıcaklıkların artmasının soğuk günlerin azalarak büyüme mevsiminin uzamasına yol açtığı tespit edilmiştir. Bu durum bitki zamanlaması ve ürün çeşitleri açısından tarımsal faaliyetlerin değişmesi ile sonuçlanacaktır.

İstasyonların sahip oldukları coğrafi konumlar ve beşeri faktörlerde sıcaklık indis değerlerinde farklılıklara sebep olmaktadır. Sıcaklık ekstremlerinin genellikle nüfus yoğunluğunun fazla olduğu Konya istasyonunda artış göstermesi şehir ısı adasının bir sonucu olarak gösterilebilir. Ayrıca Akşehir ve Beyşehir istasyonlarının TNx indisi değerlerinde diğer istasyonlardan farklı olarak azalmaların yaşanması Göller Yöresi içerisinde bulunmaları ile ilişkilendirilebilir.

Sıcaklık ekstremlerinden elde edilen sonuçlara göre Konya için yapılan bu çalışmada ısınma eğiliminin olduğuna yönelik işaretler vardır. Çalışmamız; ortaya çıkan yeni koşullara karşı doğal çevrenin korunması, sosyo-ekonomik zararların önlenmesi ve toplumsal farkındalık açısından önem arz etmektedir. Ayrıca sonuçlar çalışma alanının genişletilerek daha kapsamlı bir analiz yapmanın gerekliliğini de ortaya koymuştur.

### Teşekkür

Bu çalışmanın birinci yazarı 100/2000 (Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (RF, IR ve Akustik Sensörler, İleri Düzeyde Veri/Görüntü İşleme de dahil)) öncelikli alan bursiyeridir.

### KAYNAKLAR

- [1] Acar Deniz, Z. & Gönençgil, B. (2017). Türkiye sıcaklık ekstremlerindeki değişkenlikler. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi, (35), 41- 54, İstanbul.
- [2] Acar Deniz, Z. (2018). İç Anadolu Bölgesi'nin ekstrem sıcaklık özellikleri. Türk Coğrafya Dergisi 70, 93-99.
- [3] Alexander, L. V., Zhang, X., Peterson, T. C., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A. M. G. & Vazquez-Aguirre, J. L. (2006). Global observed changes in daily climate extremes of temperature

and precipitation. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 111(D5).

- [4] Aydın, K. & Karabulut, M. (2021). Türkiye'de sıcaklıklar ile yükselti ve enlem ilişkisi, Sosyal Bilimler Dergisi/The Journal of Social Sciences. Sosyal Bilimler Dergisi / The Journal of Social Science, Yıl: 8, Sayı: 53, Ağustos 2021, s. 501-519.
- [5] Aykır, D. (2017). Türkiye'de ekstrem sıcaklık indislerinin eğilimlerinde şehirleşmenin etkisi. Türk Coğrafya Dergisi, (69), 47-57.
- [6] Brunet M., Saladie O., Jones P.D., Sigro J., Aguilar E., Moberg A., Lister D.H., Walther A., Lopez D. & Almarza C. (2006). The development of a new dataset of Spanish daily adjusted temperature series (SDATS) (1850-2003). *International Journal of Climatology* 26: 1777-1802.
- [7] Braganza, K., Karoly, D. J. & Arblaster, J. M. (2004). Diurnal temperature range as an index of global climate change during the twentieth century. *Geophysical research letters*, 31(13).
- [8] Brown, P.J., Bradley, R.S. & Keimig, F.T. (2010). Changes in extreme climate indices for the Northeastern United States, 1870–2005, *Journal of Climate*, 23, 6555–6572.
- [9] Chen, Y., Deng, H., Li, B., Li, Z. & Xu, C. (2014). Abrupt change of temperature and precipitation extremes in the arid region of Northwest China. *Quaternary International*, 336, 35-43.
- [10] Christidis, N., Stott, P. A., Brown, S., Hegerl, G. C. & Caesar, J. (2005). Detection of changes in temperature extremes during the second half of the 20th century. *Geophysical Research Letters*, 32(20).
- [11] Choi, G., Collins, D., Ren, G., Trewin, B., Baldi, M., Fukuda, Y. & Zhou, Y. (2009). Changes in means and extreme events of temperature and precipitation in the Asia-Pacific Network region, 1955–2007. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 29(13), 1906-1925.
- [12] Clark, R. T., Brown, S. J. & Murphy, J. M. (2006). Modeling Northern Hemisphere summer heat extreme changes and their uncertainties using a physics ensemble of climate sensitivity experiments. *Journal of Climate*, 19(17), 4418-4435.
- [13] Coşkun, S. (2020). Tuz Gölü-Konya Kapalı Havzalarının yaz mevsimi ortalama sıcaklık, yağış, buharlaşma ve akım verilerindeki değişimlerin karşılaştırmalı trend analizi. Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi (SOBİDER), Yıl, 7, 123-138.
- [14] Çiftçi, Ç., Dursun, Ş., Levend, S. & Fatma, K. U. N. T. (2013). Topoğrafik yapı, iklim şartları ve kentleşmenin Konya'da hava kirliliğine etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(1), 19-24.

- [15] Demircan, M., Alan, İ., & Şensoy, S. (2011). Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanarak sıcaklık haritalarının çözünürlüğünün artırılması. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 13, 18-22.
- [16] Domonkos, P., Kysely, J., Piotrowicz, K., Petrovic, P., Likso T. (2003) Variability of extreme temperature events in South-Central Europe during the 20th century and its relationship with large-scale circulation. *Int J Climatol* 23:987-1010.
- [17] Durmuş, B., Bulut, İ. & Gönençgil, B. (2021). Antalya Bölümünde sıcaklık ve yağış indislerinin değişim analizleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (78), 91-108.
- [18] Dün, S ve Gönençgil, B. (2021). Ege Bölgesi kıyılarında sıcaklık indislerinin analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (77), 77-86.
- [19] Erlat, E. & Yavaşlı, D (2009). Ege Bölgesi'nde tropikal gün ve yaz günü sayılarındaki değişim ve eğilimler. *Ege Coğrafya Dergisi*, 18/(1-2), 1-15, İzmir.
- [20] Erlat, E. & Yavaşlı, D. (2011). Ege Bölgesi'nde sıcaklık ekstremlerinde gözlenen değişim ve eğilimlerin değerlendirilmesi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi Cilt: 3, Sayı: 1, 25-37.*
- [21] Erlat, E. & Türkes M (2017). Türkiye'de tropikal gece sayılarında gözlenen değişimler ve eğilimler. *Ege Coğrafya Dergisi*, 26 (2), 95-106, İzmir.
- [22] Finkel, J. M. & Katz, J. I. (2018). Changing world extreme temperature statistics. *International Journal of Climatology*, 38(5), 2613-2617.
- [23] Frich, P. A. L. V., Alexander, L. V., Della-Marta, P. M., Gleason, B., Haylock, M., Tank, A. K., & Peterson, T. (2002). Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate research*, 19(3), 193-212.
- [24] Gao, M. & Franzke, C. L. (2017). Quantile regression-based spatiotemporal analysis of extreme temperature change in China. *Journal of Climate*, 30(24), 9897-9914.
- [25] Horton, E. B., Folland, C. K. & Parker, D. E. (2001). The changing incidence of extremes in worldwide and Central England temperatures to the end of the twentieth century. *Climatic Change* 50: 267-295.
- [26] IPCC. 2013. 'Climate Change 2013: 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, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, pp 1535.
- [27] IPCC 2014 Summary for policymakers In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* ed C B Field et al (Cambridge)(Cambridge University Press)(Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA) pp 1-32.
- [28] Kadıoğlu, M. (2001). Bildiginiz havaların sonu-küresel iklim değişimi ve Türkiye. *Güncel Yayınları: İstanbul, Turkey.*
- [29] Kalaycı, S. & Kahya, E. (1998). Susurluk havzası nehirlerinde su kalitesi trendlerinin belirlenmesi. *Selçuk Üniv., TÜBİTAK Dergisi*, Konya, 503-514.
- [30] Kalaycı, Ş. (2017). *Spss Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri* (5 b.). Asil yayın, Ankara.
- [31] Karabulut, M. (2008). Küresel ısınma ve iklim değişikliği, çevre kirliliği ve kontrolü, 173, Nobel Yayınevi, Ankara.
- [32] Karabulut, M. & Cosun, F. (2009). Kahramanmaraş ilinde yağışların trend analizi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7 (1): 65-83.
- [33] Karabulut, M. (2010). Kayseri'de yağış ve sıcaklıkların trend analizleri. *KSÜ Sosyal Bilimler Dergisi*. S. 8 (1):79-89.
- [34] Karabulut, M. (2011). Doğu Akdeniz'de ekstrem maksimum ve minimum sıcaklıkların trend analizi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, Özel Sayı:37-44.*
- [35] Karabulut, M. & Topuz, M. (2019). Adana'da tropikal ve yaz günü sayılarındaki değişim ve eğilimler. 2. Uluslararası Akdeniz Sempozyumu, 23-25 Mayıs 2019, Bildiri Tam Metinleri Kitabı, s:108-126.
- [36] Kızılelma, Y., Karabulut, M. & Çetinkaya, S., (2015). Antakya-Kahramanmaraş Grabeninde tropikal ve yaz günü sayılarındaki değişim ve eğilimler. *Türkiye Coğrafyacılar Derneği Uluslararası Kongresi*, 21-23 Mayıs 2015, Gazi Üniversitesi Bildiriler Kitabı, s:175-183.
- [37] Kızılelma, Y., Çelik, M. & Karabulut, M. (2015). İç Anadolu Bölgesi'nde sıcaklık ve yağışların trend analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (64), 1-10.
- [38] Kysely, J. (2009) Recent severe heat waves in central Europe: how to view them in a long-term prospect? *Int J Climatol* 30:89-109.
- [39] Lloyd, C. D. (2010). Local models for spatial analysis. CRC press.
- [40] Min, E.; Hazelege, W.; Oldenborgh, G.J.; Sterl, A. (2013). Evaluation of trends in high temperature extremes in north-western Europe in regional climate models. *Environ. Res. Lett.* 8, 014011.
- [41] Sensoy, S., Demircan, M. & Alan, I. (2008). Trends in Turkey climate extreme indices from 1971 to 2004. In *Third International Conference BALWOIS*.
- [42] Sun, P., Zhang, Q., Yao, R., Singh, V. P. & Song, C. (2018). Spatiotemporal patterns of



- extreme temperature across the Huai River Basin, China, during 1961–2014, and regional responses to global changes. *Sustainability*, 10(4), 1236.
- [43] Sterl, A., Severijns, C., Dijkstra, H., Hazeleger, W., Oldenborgh, G.J., Broeke, M.V. & Burgers, G. (2008). When can we expect extremely high surface temperature? *Geophys. Res Lett.* 35, L14703.
- [44] Tank, A. K. & Können, G. P. (2003). Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946–99. *Journal of climate*, 16(22), 3665-3680.
- [45] Taylan, E. D., & Damçayırı, D. (2016). Isparta bölgesi yağış değerlerinin IDW ve Kriging enterpolasyon yöntemleri ile tahmini. *Teknik Dergi*, 27(3), 7551-7559.
- [46] Topuz, M. & Karabulut, M. (2021). Doğu Anadolu Bölgesi'nde kar örtülü gün ve kar yağışlı günler sayısının eğilim analizi (1970-2020). *Doğu Coğrafya Dergisi*, 26 (46) , 1-24 .
- [47] Turp, M. T., Öztürk, T., Türkeş, M. & Kurnaz, M. L. (2014). RegCM4. 3.5 bölgesel iklim modelini kullanarak Türkiye ve çevresi bölgelerin yakın gelecekteki hava sıcaklığı ve yağış klimatolojileri için öngörülen değişikliklerin incelenmesi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 23(1), 1-24.
- [48] Türkeş, M. (1999). Vulnerability of Turkey to desertification with respect to precipitation and aridity conditions. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 23, 363-380.
- [49] Türkeş, M., Sümer, U. M. & Demir, İ. (2002). Türkiye'nin günlük ortalama, maksimum ve minimum hava sıcaklıkları ile sıcaklık genişliğindeki eğilimler ve değişiklikler. Prof. Dr. Sırrı Erinç Anısına Klimatoloji Çalıştayı 2002, Bildiriler Kitabı, 89-106. Ege Üniversitesi Coğrafya Bölümü, 11-13 Nisan 2002, İzmir.
- [50] Türkeş, M. (2005). Orta Kızılırmak bölümü güney kesiminin (Kapadokya yöresi) iklimi ve çölleşmeden etkilenebilirliği. *Ege Coğrafya Dergisi*, 14(1-2), 73-97.
- [51] Türkeş, M., Akgündüz, A. S. & Demirörs, Z. (2009). Palmer Kuraklık İndisi' ne göre İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü'ndeki kurak dönemler ve kuraklık şiddeti. *Coğrafi Bilimler Dergisi* 7, pp. 129-144.
- [52] Türkeş, M. (2010). Klimatoloji ve meteoroloji. Birinci Baskı, Kriter Yayınevi- Yayın No. 63, Fiziki Coğrafya Serisi No. 1, ISBN: 978-605-5863-39-6, 650 + XXII sayfa, İstanbul.
- [53] Türkeş, M. 2012. 'Küresel İklim Değişikliği ve Çölleşme'. İçinde: *Günümüz Dünya Sorunları – Disiplinlerarası Bir Yaklaşım* (ed. N. Özgen), s.1-42. Eğiten Kitap: Ankara.
- [54] Toreti, A. & Desiato, F. (2008). Changes in temperature extremes over Italy in the last 44 years. *International journal of climatology Int. J. Climatol.* 28: 733–745.
- [55] Yan, Z., Jones, P.D., Davies, T.D., Moberg, A., Bergström, H., Camuffo, D., Cocheo, C., Maugeri, M., Demarée, G. R., Verhoeve, T., Thoen, E., Barriendos, M., Rodríguez, R., Martín-Vide, J. & Yang, C., (2002). Trends of extreme temperatures in Europe and China based on daily observations. *Climatic Change* 53: 355–392.
- [56] Wang, J. W., Li, M., Zhang, G. Y., Zhang, H. R. & Yu, C. Q. (2020). Growing season precipitation rather than growing season length predominates maximum normalized difference vegetation index in Alpine Grasslands on the Tibetan Plateau. *Sustainability*, 12(3), 968.
- [57] Zhang, X., Aguilar, E., Sensoy, S., Melkonyan, H., Tagiyeva, U., Ahmed, N. & Wallis, T. (2005). Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 110(D22)..
- [58] Zhang, Q., Li, J., David Chen, Y. & Chen, X. (2011). Observed changes of temperature extremes during 1960–2005 in China: natural or human-induced variations?. *Theoretical and Applied Climatology*, 106(3), 417-431
- [59] Zhou, J., Huang, J., Zhao, X., Lei, L., Shi, W., Wang, L. & Yang, X. (2020). Changes of extreme temperature and its influencing factors in Shiyang River Basin, Northwest China. *Atmosphere*, 11(11), 1171.