

Investigation of the Impact of Global Warming on Meteorological Data

İbrahim Halil DEĞER^{1,a,*}, Mehmet İshak YÜCE^{2,b}

¹Civil Engineering, Hasan Kalyoncu University, Gaziantep, Türkiye

²Civil Engineering, Gaziantep University, Gaziantep, Türkiye

*Corresponding author

Research Article

Acknowledgment

History

Received: 00/00/0000

Accepted: 16/02/2024



Copyright

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Licence (CC BY 4.0), which permits copying, adaptation and redistribution, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT

Climate change has often serious effects on the environment. In this study, trend analysis of precipitation, temperature, humidity and evapotranspiration parameters of Şanlıurfa central meteorology station for the years 1963-2021 was applied. While Mann-Kendall (MK) and Innovative Sen method (ITA) were used for trend detection, sequential Mann-Kendall rank correlation test (SQ-MK) was performed to determine the year the trend started. According to the results of the study, an increasing trend was obtained in the annual average temperature and annual total evapotranspiration values according to both methods. However, while a decreasing trend was observed at the annual total precipitation and annual average relative humidity values according to the ITA method, no trend was detected according to the MK method. The year in which the trend started was calculated according to the SQ-MK method, the years of change in the annual average temperature and annual total evapotranspiration parameters for the year 2007 and 2000, respectively. The results of the study provide important information to the decision makers about the water management of Şanlıurfa.

Keywords: Trend, meteorological parameters, climate change, Şanlıurfa

Küresel Isınmanın Meteorolojik Veriler Üzerindeki Etkisinin Araştırılması

Bilgi

Süreç

Geliş: 00/00/0000

Kabul: 16/02/2024



Copyright

Bu, orijinal çalışmaya uygun şekilde atıfta bulunulması koşuluyla kopyalamaya, uyarlamaya ve yeniden dağıtmaya izin veren Creative Commons Atıf Lisansı (CC BY 4.0) koşulları altında dağıtılan bir Açık Erişim makalesidir.

Öz

İklim değişikliği genellikle çevre üzerinde ciddi etkilere yol açmıştır. Bu çalışmada, Şanlıurfa merkez meteoroloji istasyonuna ait yağış, sıcaklık, nem ve evapotranspirasyon parametrelerinin 1963-2021 yıllarına ait trend analizi yapılmıştır. Trend tespiti için Mann-Kendall (MK) ve Yenilikçi Şen yöntemi (ITA) kullanılırken, trendin başladığı yılı belirlemek için ise sıralı Mann-Kendall mertebeli korelasyon testi (SQ-MK) uygulanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık toplam evapotranspirasyon değerlerinde her iki yönetime göre artan trend elde edilmiştir. Ancak, yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama nispi nem değerleri ITA yöntemine göre azalan trend gözlemlenirken, MK yöntemine göre herhangi bir trend saptanmamıştır. Trendin başladığı yıl SQ-MK yöntemine göre, 2007 ve 2000 yılı sırası ile yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık toplam evapotranspirasyon parametrelerinde değişim yılı olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonuçları, Şanlıurfa ili su yönetimi ile ilgili karar vericilere önemli bilgiler sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Trend, meteorolojik parametreler, iklim değişikliği, Şanlıurfa

1. Giriş

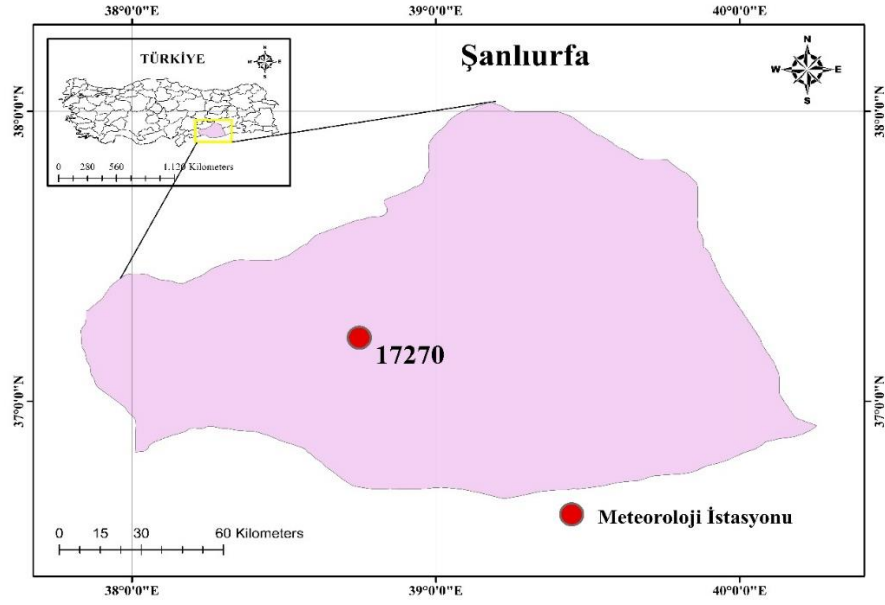
Son yıllarda, küresel iklim artan sera gazı emisyonlarından etkilenmekte olup, bunun sonucunda Dünya'nın sıcaklığı artmaktadır. Sıcaklık değişimlerinin ekosistemler üzerinde güçlü bir etkisi olmakla beraber ekonomik, sosyal ve tarımsal gelişmeler için birçok zorluk teşkil etmektedir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (Stocker 2014) yirminci yüzyıldaki raporlarına göre, küresel sıcaklıklar yaklaşık 0,4 ila 0,8 °C artmıştır. Buna ilaveten, altı farklı senaryo tarafından yapılan tahminlere göre bu değer yirmi birinci yüzyılın sonunda 1,8 ila 4 °C arasında yükselebilir (Mullick ve diğerleri 2019). İklim modellerinin sonuçlarındaki belirsizliklere rağmen, insan faaliyetlerinden kaynaklanan sıcaklık artışı kaçınılmaz kabul edilebilmekte ve bu nedenle küresel su döngüsünde geri dönüşü olmayan ani değişimler oldukça olasıdır (Zhang ve diğerleri 2011). Şiddetli yağış, sıcak hava dalgaları, tropikal siklonlar ve kuraklıklar gibi aşırı durumlarda gözlemlenen değişikliklerin kanıtı ve özellikle bu aşırı uçların insan etkisine atfedilmesi AR5 ile daha görünür hale gelmiştir (Beşinci Değerlendirme Raporu) (IPCC, 2021). Toplumsal altyapı, iklim değişikliğinin şiddetlendirdiği aşırı iklim değişikliklerine karşı savunmasız hale gelmektedir (Schweikert vd. 204; Forzieri vd. 2018) Kuraklık, sel, sıcak hava dalgası ve tayfun gibi aşırı iklim koşullarının coğrafi olarak farklı ekonomik, sağlık, sosyal, ekolojik ve çevresel etkileri mevcuttur (Cheng vd. 2012).

Dünya çapında gözlenen yağış ve sıcaklık verilerini kullanarak aşırı iklim koşullarının değişkenliğini ve eğilimlerini keşfetmek için birçok yaklaşım geliştirilmiştir. Analiz tekniklerinin atmosferik değişkenlere uygulanması, yeniliklere ve daha iyi analiz yöntemlerinin keşfedilmesine yol açarak sonuçların daha iyi yorumlanmasına ve sunulmasına yol açmıştır (Asadi ve Karami 2022). Parametrik ve parametrik olmayan yöntemler çoğunlukla çeşitli atmosferik değişkenlerin incelenmesi için uygulanmıştır (Ashraf vd. 2021). Ortam sıcaklığı gibi çeşitli parametreler için uygulamalarla parametrik olmayan Mann-Kendall (MK) testi kullanılarak Türkiye'nin bazı yerlerinde atmosferik parametrelerin eğilim analizine yönelik bazı çalışmalar yapılmıştır (Yücel vd. 2022; Akçay vd. 2022; Katipoğlu vd. 2022). Ancak bununla birlikte, bu çalışma aynı zamanda uzun vadeli kırılma ve EPT parametrelerinin trend analizi için yeni Şen (2012) yöntemini kullanılacaktır. Yöntem, dünyanın dört bir yanındaki yerlerde atmosferik değişkenler için eğilimlerin analizinde uygulanmaktadır (Achite vd. 2022; Esit 2023; Alifujiang vd. 2023; Agbo vd. 2023).

Bu çalışmada, İklim değişikliğinin meteorolojik verileri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu bağlamda, Şanlıurfa merkez meteoroloji istasyonunun aylık yağış, sıcaklık, evapotranspirasyon ve bağıl nem verileri kullanılmıştır. Trend analizi için Mann-Kendall (MK) ve Innovative trend test (ITA) uygulanırken, trendin başladığı yılı tespit etmek için ise sıralı Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi (SQ-MK) değerlendirilmiştir.

2. Çalışma Alanı

Şanlıurfa'da yazlar bunaltıcı, kurak ve açık, kışlar ise çok soğuk ve parçalı bulutlu geçer. Yıl boyunca, sıcaklık tipik olarak 2°C ila 38°C arasında değişir ve nadiren -2°C'nin altında veya 41°C'nin üzerindedir. Sıcak mevsim, 6 Haziran'dan 17 Eylül'e kadar 3,4 ay sürer ve günlük ortalama yüksek sıcaklık 32°C'nin üzerindedir. Şanlıurfa'da yılın en sıcak ayı ortalama en yüksek 37°C ve en düşük 24°C ile Temmuz'dur. Serin mevsim, 24 Kasım'dan 14 Mart'a kadar 3,7 ay sürer ve günlük ortalama yüksek sıcaklık 15°C'nin altındadır. Şanlıurfa'da yılın en soğuk ayı ortalama en düşük 2°C ve en yüksek 9°C ile Ocak ayıdır. Yağışlı bir gün, en az 1 milimetre sıvı veya sıvı eşdeğeri yağışın olduğu gündür. Şanlıurfa'da yağışlı gün ihtimali yıl boyunca değişmektedir. Yağışlı mevsim, 15 Ekim'den 12 Mayıs'a kadar 6,9 ay sürer ve belirli bir günün yağışlı bir gün olma ihtimali %11'den fazladır. Şanlıurfa'da en yağışlı günlerin olduğu ay, ortalama 6,2 gün ve en az 1,00 milimetre yağışla Şubat ayıdır. Şanlıurfa'da günün uzunluğu yıl boyunca önemli ölçüde değişmektedir. 2023 yılında en kısa gün 9 saat 36 dakika gün ışığı ile 22 Aralık; En uzun gündüz ise 14 saat 43 dakika gündüz ile 21 Haziran'dır (Weather Spark 2023). Şekil 1'de Şanlıurfa ilinin Türkiye haritası üzerindeki gösterimi verilmiştir. Tablo 1'de meteoroloji istasyonuna ait bilgiler içermektedir.



Şekil 1. Şanlıurfa ilinin Türkiye haritası üzerindeki gösterimi

Tablo 1. Meteorolojik zaman serilerinin istasyonu ve kayıt dönemi

Şehir	İstasyon Kodu	Yükseklik (m)	Enlem	Boylam	Periyot	Kayıt Uzunluğu	Parametreler
Şanlıurfa	17270	550	37.1608	38.7863	1963-2021	59	P+T+EP+RH

P: Yağış, T: Sıcaklık, EP: Evapotranspirasyon, RH: Bağıl Nem

3. Metodoloji

3.1 Mann-Kendall Test (MK)

Mann-Kendall eğilim testi (Mann 1945; Kendall 1975), hidro-meteorolojik zaman serilerinde monoton eğilimlerin önemini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan parametrik olmayan testlerden biridir. Z değeri negatif (pozitif) olan zaman serileri için azalan (artan) ifadesi kullanılır. MK test istatistiği (S) şu şekilde hesaplanabilir:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (1)$$

Burada n veri uzunluğudur ve x_i ve x_j sırasıyla i ve j zamanlarındaki veri değerlerini gösterir. Denklem 2'de $\text{Sgn}(x_j - x_i)$ hesaplanması gösterilmiştir:

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Zaman serisindeki veri uzunluğu $n > 10$ ise verilerin normal dağıldığı varsayılır ve varyans Denklem 3'teki gibi hesaplanır:

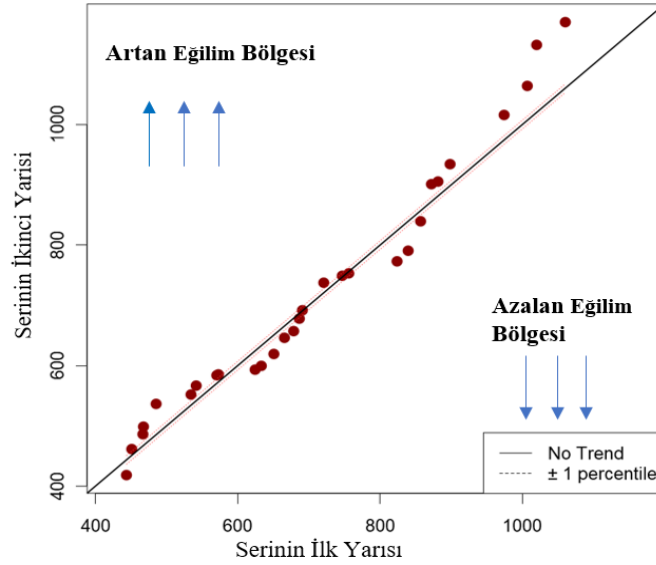
$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_i^r t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (3)$$

Burada k, bağlı grupların sayısını, t_i ise i grubundaki gözlemlerin sayısını gösterir. Ardından, standartlaştırılmış MK test istatistiği (Z) şu şekilde tanımlanabilir:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (5)$$

3.2 Yenilikçi Şen Yöntemi (ITA)

İTA yöntemi ilk olarak Şen (2012) tarafından önerilmiştir: MK testi veya diğer yöntemlerden farklı olarak İTA'nın en büyük avantajı herhangi bir varsayım (seri korelasyon, normal olmama, örneklem sayısı) gerektirmemesidir. İlk olarak, zaman serisi, artan düzende ayrı ayrı sıralanan iki eşit parçaya bölünür. Ardından, zaman serisinin birinci ve ikinci yarısı sırasıyla X ekseninde ve Y ekseninde bulunur. Şekil 2'de, yenilikçi yöntemin bir Kartezyen koordinat sistemi üzerinde grafiksel bir gösterimi gösterilmektedir. Veriler 1:1 ideal çizgi (45° çizgi) üzerinde toplanırsa, zaman serisinde trend yoktur. Veriler ideal çizginin üst üçgen bölgesinde yer alıyorsa, zaman serisinde artan bir eğilim vardır. Veriler 1:1 çizgisinin alt üçgen alanında toplanırsa, zaman serisinde azalma eğilimi vardır (Şen 2012, 2014).



Şekil 2. İTA yöntemin grafiksel olarak gösterimi

3.3 Sıralı Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi (SQ-MK)

SQ-MK Testi, serinin zaman içinde yukarı veya aşağı doğru hareket edip etmediğini belirlemek için kullanılır. Test, sonuçları grafiksel olarak sunmanın yanı sıra trendin başlangıç noktasını da belirleyebilir. ni değerleri, her sıra için önceki sıralamalardan küçük olanlar sayılarak elde edilir ve daha sonra küçük olanlar toplanarak test istatistiği olan t değerini üretir (Hussain vd. 2022). Denklem 7'de t'lerin ortalama değerini verir, Denklem 8'de varyansı (Var(t)) belirlerken, Denklem 9'da test istatistiğini u(t) hesaplanır. u(t)'ye benzer şekilde, geriye dönük test istatistiği u'(t) hesaplanır. Eğilimin başlangıcı, u(t) ve u'(t)'nin kesişimiyle gösterilir.

$$t_i = \sum_{j=1}^i n_j \quad (6)$$

$$E(t_i) = \frac{i(i-1)}{4} \quad (7)$$

$$VAR(t_i) = \frac{i(i-1)(2i+5)}{72} \quad (8)$$

$$u(t_i) = \frac{[t_i - E(t_i)]}{\sqrt{VAR(t_i)}} \quad (9)$$

4. Bulgular

Tablo 2’de MK test sonuçları meteorolojik parametreler için verilmiştir. Yıllık toplam yağış verisinde bir azalma görülmesine rağmen, MK kritik z (% 95, %99) değerlerine bağlı olarak herhangi bir trend hesaplanmamıştır. Ancak, yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık ortalama evapotranspirasyon değerleri ciddi bir şekilde artan eğilim gözlemlenmiştir. Yıllık ortalama nisbi nem değerlerine bakıldığında ne artan ne de azalan bir trend görülmüştür.

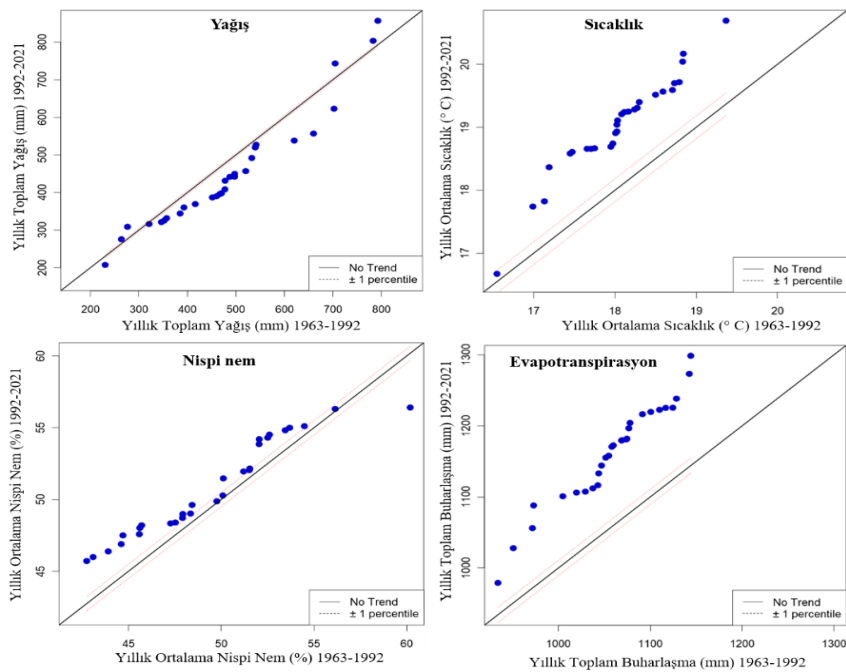
Tablo 2. MK trend test sonuçları

Meteorolojik Değişkenler	Hesaplanan $\pm Z$	Kritik $\pm Z$ Değerleri		Trend	
		$\pm Z_{0.95}$	$\pm Z_{0.99}$	$\alpha = \%5$	$\alpha = \%1$
Yıllık toplam yağış (mm)	-1.916	± 1.96	± 2.576	Trend yok	Trend yok
Yıllık ortalama sıcaklık ($^{\circ}C$)	6.095	± 1.96	± 2.576	Artan	Artan
Yıllık ortalama nispi nem (%)	0.373	± 1.96	± 2.576	Trend yok	Trend yok
Yıllık ortalama evapotranspirasyon (mm)	6.540	± 1.96	± 2.576	Artan	Artan

Tablo 3 ve Şekil 3’te ITA test sonuçları %95 güven aralığına göre verilmiştir. Tabloya göre, yıllık toplam yağış eğim değeri alt limit değerinden yüksek olduğu için azalan bir trend elde edilmiştir. Ancak, yıllık ortalama sıcaklık, ortalama nispi nem ve toplam evapotranspirasyon değerinin eğim değerleri üst limit değerinden yüksek olduğu için artan bir trend görülmüştür. Standart sapma değerleri her dört değişken için büyük farklılıklar gözükmez iken, korelasyon değerleri genel olarak 0.9 üzerinde olduğu hesaplanmıştır.

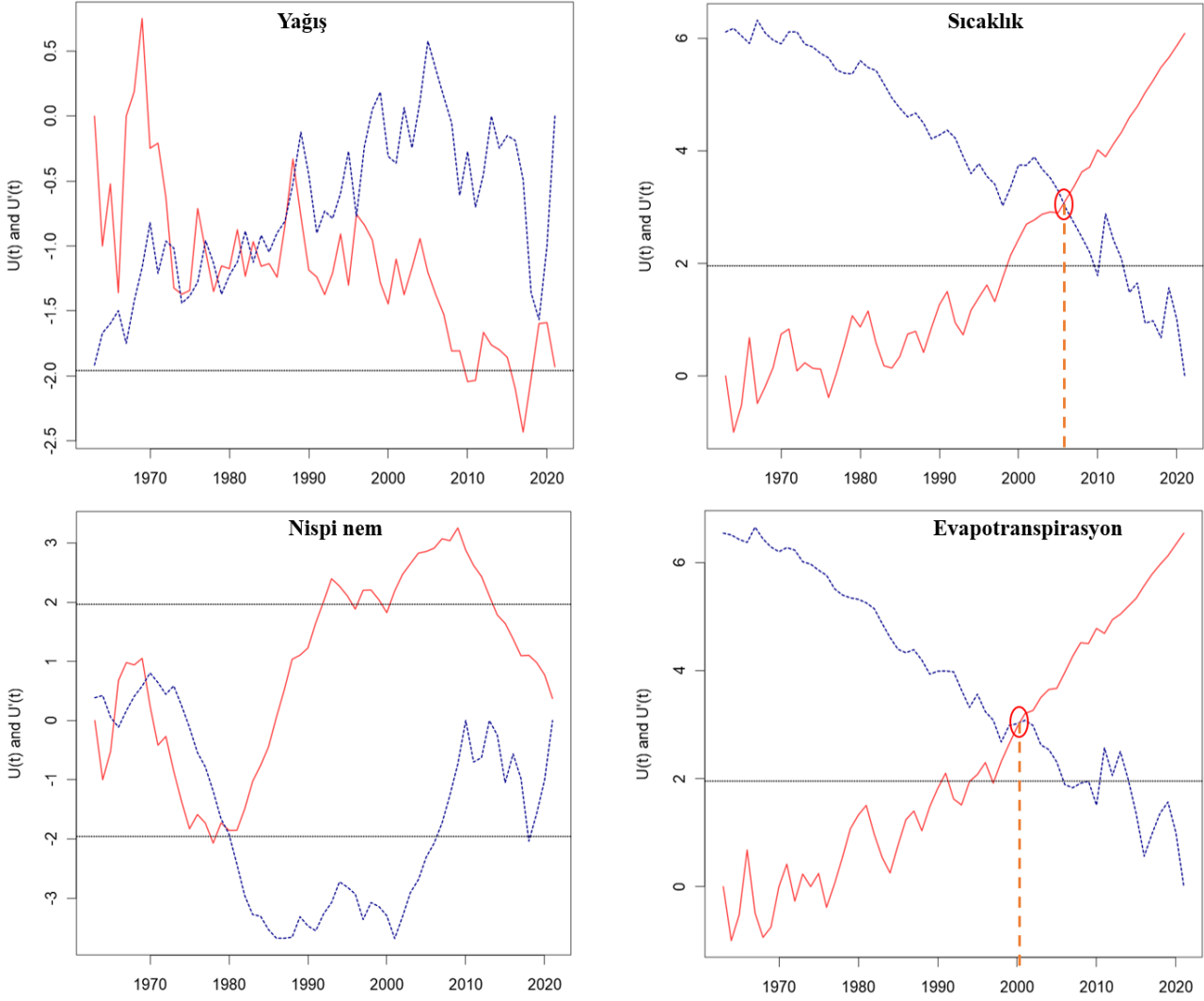
Tablo 3. ITA trend test sonuçları

Meteorolojik Değişkenler	Standart Sapma	Korelasyon	Eğim(s)	Üst Limit	Alt Limit	Trend
Yıllık toplam yağış (mm)	0.1763	0.966	-1.1733	0.34545	-0.3454	Azalan
Yıllık ortalama sıcaklık ($^{\circ}C$)	0.0009	0.972	0.0332	0.0018	-0.0018	Artan
Yıllık ortalama nispi nem (%)	0.0046	0.964	0.0432	0.00902	-0.009	Artan
Yıllık ortalama evapotranspirasyon (mm)	0.0752	0.979	3.4984	0.14748	-0.1474	Artan



Şekil 3. ITA grafiksel test sonuçları

Şekil 4'te SQ-MK test sonuçları ile trendin başladığı yılın tespiti verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre, yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama nispi nem değerlerinde değişim noktası %95 güven aralığına göre belirlenmemiştir. Ancak, yıllık ortalama sıcaklık değerinde trendin başladığı yıl 2007 olarak hesaplanırken, yıllık toplam evapotranspirasyon değerinde 2000 yılı değişim noktası olarak saptanmıştır.



Şekil 4. SQ-MK değişim noktası test sonuçları

5. Tartışma ve Sonuç

Genel olarak trend tespiti için kullanılan yöntemler, araştırmacıların iklimsel değişkenlerin genel trendlerini analiz etmelerine olanak sağlar, ancak alt trendleri belirlemeye olanak sağlamaz. Bu makalede, Şen (2012) tarafından önerilen yenilikçi trend analizine (ITA) dayalı bir grafik teknik, Şanlıurfa merkezde kaydedilen yüksek kaliteli aylık yağış, sıcaklık, nem ve evapotranspirasyon veri setine uygulanmıştır. Ayrıca aynı veri tabanına çok iyi bilinen MK testi de uygulanmış ve sonuçlar tartışılmıştır. Buna ilaveten, ITA uygulaması ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Çalışma bulgularına göre, ITA grafiksel yöntem MK testine göre hassas olduğu görülmüştür. Her iki yöntemle göre, hem yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık toplam evapotranspirasyon değerlerinde artan bir trend elde edilmiştir. Trendin başladığı yıl ise yıllık ortalama sıcaklık için 2007 yılı gözlemlenirken, yıllık toplam evapotranspirasyon değeri için 2000 değişim noktası olarak hesaplanmıştır. Yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama nispi nem değerleri iki yöntem için farklılık

göstermektedir. MK testine göre, herhangi bir trend gözlemlenmemiştir. Ancak, ITA yöntemine göre, bu iki parametre için azalan bir trend görülmüştür.

Bu çalışmanın sonuçları, Şanlıurfa ilinin su yönetimi, kuraklık değerlendirmesi ve özellikle su kıtlığının zamanla artabileceği gibi konulara ışık tutması beklenmektedir. Trend analizleri su kaynakları yönetimi ve sürdürülebilirliği için önemli faydalar sağlayacaktır. Özellikle Şanlıurfa ili konumu itibari ile iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması için bu çalışmalar önem arz etmektedir.

Kaynaklar

- Achite, M., Caloiero, T., & Toubal, A. K. (2022). Rainfall and runoff trend analysis in the Wadi Mina Basin (Northern Algeria) using non-parametric tests and the ITA method. *Sustainability*, 14(16), 9892.
- Agbo, E. P., Nkajoe, U., & Edet, C. O. (2023). Comparison of Mann–Kendall and Şen’s innovative trend method for climatic parameters over Nigeria’s climatic zones. *Climate Dynamics*, 60(11-12), 3385-3401.
- Akçay, F., Kankal, M., & Şan, M. (2022). Innovative approaches to the trend assessment of streamflows in the Eastern Black Sea basin, Turkey. *Hydrological Sciences Journal*, 67(2), 222-247.
- Alifujiang, Y., Abuduwaili, J., & Abliz, A. (2023). Precipitation trend identification with a modified innovative trend analysis technique over Lake Issyk-Kul, Kyrgyzstan. *Journal of Water and Climate Change*.
- Asadi M, Karami M (2022). Modeling of relative humidity trends in Iran. *Model Earth Syst Environ* 8:1035–1045
- Ashraf MS, Ahmad I, Khan NM et al (2021). Streamflow variations in monthly, seasonal, annual and extreme values using Mann–Kendall, Spearman’s Rho and innovative trend analysis. *Water Resour Manage* 35:243–261
- Cheng C.S., Auld H., Li Q., Li G., (2012). Possible impacts of climate change on extreme weather events at local scale in south-central Canada. *Clim. Chang.*, Vol. 112, Pp. 963–979.
- Esit, M. (2023). Investigation of innovative trend approaches (ITA with significance test and IPTA) comparing to the classical trend method of monthly and annual hydrometeorological variables: a case study of Ankara region, Turkey. *Journal of Water and Climate Change*, 14(1), 305-329.
- Forzieri G., Bianchi A., Silva FB., Herrera MAM., Leblois A., Lavalle C., et al. (2018). Escalating impacts of climate extremes on critical infrastructures in Europe. *Global Environmental Change*, Volume 48, Pages 97–107. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.11.007> PMID:29606806
- Hussain, A., Cao, J., Ali, S., Muhammad, S., Ullah, W., Hussain, I., ... & Zhou, J. (2022). Observed trends and variability of seasonal and annual precipitation in Pakistan during 1960–2016. *International Journal of Climatology*, 42(16), 8313-8332.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 6th Assessment Report (2021). URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/> (accessed on 28 January 2022).
- Katipoğlu, O. M., Acar, R., Şenocak, S., & Şengül, S. (2022). Assessment of meteorological drought trends in the Euphrates Basin, Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(6), 555.
- Kendall MG, (1975). Rank correlation methods. Oxford University Press, New York
- Mann HB, (1945). Non-Parametric Tests Against Trend, *Econometrica*, 13, 163-171.
- Mullick, M. R. A., Nur, R. M., Alam, M. J., & Islam, K. A. (2019). Observed trends in temperature and rainfall in Bangladesh using pre-whitening approach. *Global and planetary change*, 172, 104-113.
- Schweikert A., Chinowsky P., Espinet X., Tarbert M. (2014). Climate Change and Infrastructure Impacts: Comparing the Impact on Roads in ten Countries through 2100. *Procedia Engineering*, Volume 78, Pages 306–316. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.07.072>.

- Stocker T (2014). Climate change 2013: the physical science basis: working group I contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge university press
- Şen Z (2012). An innovative trend analysis methodology. *J Hydrol Eng* 17:1042–1046
- Şen Z (2014). Trend identification simulation and application. *J Hydrol Eng* 19:635–642
- Weather Spark (2023). <https://weatherspark.com/y/100709/Average-Weather-in-%C5%9Eanl%C4%B1urfa-Turkey-Year-Round>
- Yücel, A., Markovic, M., Atilgan, A., Rolbiecki, R., Ertop, H., Jagosz, B., ... & Jakubowski, T. (2022). Investigation of Annual Lake Water Levels and Water Volumes with Şen Innovation and Mann-Kendall Rank Correlation Trend Tests: Example of Lake Eğirdir, Turkey. *Water*, 14(15), 2374.
- Zhang, Q., Singh, V. P., Sun, P., Chen, X., Zhang, Z., & Li, J. (2011). Precipitation and streamflow changes in China: changing patterns, causes and implications. *Journal of Hydrology*, 410(3-4), 204-216.