



**ORTA KARADENİZ BÖLGESİ İÇİN REFERANS BİTKİ SU
TÜKETİMİNDEKİ (ET₀) DEĞİŞİMİN ANALİZİ**

İSMAİL ÖZLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

PROF. DR. KADRI YÜREKLİ

Şubat – 2022

Her hakkı saklıdır

T.C
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORTA KARADENİZ BÖLGESİ İÇİN REFERANS BİTKİ
SU TÜKETİMİNDEKİ (ET_o) DEĞİŞİMİN ANALİZİ

İSMAİL ÖZLER

TOKAT
Şubat – 2022

Her hakkı saklıdır

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisans Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Kadri YÜREKLİ danışmanlığında hazırlamış olduğum “ Orta Karadeniz Bölgesi İçin Referans Bitki Su Tüketimindeki (ETo) Değişimin Analizi “ adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

.../.../...

Tez Yazarı (Ad Soyad) İmza

İsmail ÖZLER

ÖZET
ORTA KARADENİZ BÖLGESİ İÇİN REFERANS BİTKİ SU TÜKETİMİNDEKİ
(ETo) DEĞİŞİMİN ANALİZİ

Özler, İsmail
Yüksek Lisans, Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Kadri Yürekli
Şubat 2022, vii + 64 sayfa

Bu çalışmada, Orta Karadeniz Bölgesindeki beş meteoroloji istasyonunun (Samsun, Tokat, Ordu, Amasya ve Çorum) iklim verileri kullanılarak, Penman-Monteith ilişkisine göre aylık, mevsimsel (M-I: Ocak-Mart; M-II: Nisan-Haziran; M-III: Temmuz-Eylül; M-IV: Ekim-Aralık) ve yıllık (YT) referans bitki su tüketim (ETo) değerlerindeki değişimin belirlenmesi amaçlanmıştır. Öncelikle verilerin normal dağılıp dağılmadığı test edilmiştir. Böylece verilerin homojenlik analizinde parametrik ya da parametrik olmayan yaklaşımların tercih edilmesi amaçlanmıştır. Normal dağılan verilerin homojenliği, ilgili verilerin ortalama ve varyansındaki farklılığın istatistik açıdan önemli olup olmadığına bakılmıştır. Normal dağılmayan verilerin homojenlik analizinde parametrik olmayan Mann-Whitney U yaklaşımı kullanılmıştır. Homojenlik koşulunu yerine getirmeyen veriler çift birikimli eğri yöntemiyle homojen hale getirilmiştir. Bu işlemlerden sonra verilerdeki değişimin analizi Mann-Kendall (MK), Spearman Rho (SR), Lineer Regresyon (LR) ve Yenilikçi Trend Analizi (YTA) testleri yapılmıştır. YTA sonuçları ETo serilerinin yaklaşık %32’nde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak bu bulgu MK testinde %16, SR testinde %20 ve LR testinde ise %13 civarındadır. Bu çalışma konuyla ilgili paydaşlara bölgedeki iklim elemanlarındaki değişim ile olası tehditlerin ne olabileceği hususunda faydalı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Orta Karadeniz Bölgesi, Referans Bitki Su Tüketimi, Penman Monteith, Trend Analizi

ABSTRACT
ANALYSIS OF CHANGES IN REFERENCE CROP WATER CONSUMPTION
(ET_o) FOR CENTRAL BLACK SEA REGION

Özler, İsmail

Master's Thesis, Department of Biosystems Engineering

Advisor: Prof. Dr. Kadri Yürekli

February 2022, vii + 64 pages

In this study, using the meteorological data of five meteorological stations (Samsun, Tokat, Ordu, Amasya and Çorum) in the Central Black Sea Region, monthly, seasonal (MI: January-March; M-II: April-June; M-III: July-September; M-IV: October-December) and annually (YT) reference evapotranspiration (ET_o) values calculated according to the Penman-Monteith relationship were aimed the determination of the change. First, it was tested whether the data were normally distributed. Thus, it was targeted to prefer parametric or non-parametric approaches in the homogeneity analysis of the data. The homogeneity of the normally distributed data was examined whether the difference in the mean and variance of the relevant data was statistically significant. The non-parametric Mann-Whitney U approach was used in the homogeneity analysis of the data that was not normally distributed. The data not having the homogeneity condition were homogenized by the double-mass curve method. After these processes, analysis of the change in the data, Mann-Kendall (MK), Spearman Rho (SR), Linear Regression (LR) and Innovative Trend Analysis (YTA) tests were performed. The YTA results reveal a statistically significant change in approximately 32% of the ET_o series. However, this finding is around 16% in the MK test, 20% in the SR test and 13% in the LR test. This study will be beneficial to the stakeholders on the subject in terms of the possible threats depending on the changes in the climatic elements in the region.

Keywords: Central Black Sea, Reference Plant Water Consumption, Penman Monteith, Trend Analysis

ÖNSÖZ

Tez konumun seçilmesinde ve yürütülmesinde beni yönlendiren, çalışmalarımın her aşamasında bilgi ve önerilerini esirgemeyen, yüksek lisans eğitimim boyunca bana yardımcı olan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Kadri YÜREKLİ'ye teşekkür ve şükranlarımı sunarım. Ayrıca bilgi ve birikimiyle benden yardımlarını esirgemeyen Araştırma Görevlisi Müberra ERDOĞAN'a, bana her zaman destek olan eşim Ayfer ÖZLER'e, beni bugünlere getirerek emek veren ve beni yetiştiren aileme teşekkür ve şükranlarımı sunuyorum. Bu çalışmanın Devletime ve Milletime faydalı olmasını dilerim.

İSMAİL ÖZLER

1 Şubat 2022

İÇİNDEKİLER

<u>Başlık</u>	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	18
3.1 Materyal	18
3.1.1 Mevsimsel ve yıllık referans bitki su tüketim serilerinin elde edilmesi.....	20
3.1.2 İstasyon bilgileri	20
3.2 Yöntem.....	21
3.2.1 Meteorolojik verilerde homojenliğin araştırılması	22
3.2.2 Referans bitki su tüketimindeki değişimin analizi	25
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	31
4.1 Normalite Sonuçları	31
4.2 Homojenlik Analizi Sonuçları	37
4.3 Çift Birikimli Eğri Yöntemi Sonuçları.....	39
4.4 Trend Analiz Sonuçları	42
4.5 Theil-Sen Eğilim Analiz Sonuçları.....	51
5. SONUÇ	57
6. KAYNAKLAR.....	59

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Karadeniz Bölgesi Haritası	19
Şekil 3.2. Orta Karadeniz Bölgesi Haritası.....	20
Şekil 3.3. Çift birikimli eğri yöntemi grafiği	24
Şekil 4.1. Amasya ili Temmuz ayının homojenliğinin bozulduğu yıl	39
Şekil 4.2. Orta Karadeniz Bölgesi uzun yıllar (1984-2019) yıllık ortalama referans bitki su tüketimlerinin haritası	50
Şekil 4.3. Çorum ili aylık, mevsimlik ve yıllık referans bitki su tüketimi Theil-Sen saçılma grafiği.....	52
Şekil 4.4. Tokat ili aylık, mevsimlik ve yıllık referans bitki su tüketimi Theil-Sen saçılma grafiği.....	53
Şekil 4.5. Amasya ili aylık, mevsimlik ve yıllık referans bitki su tüketimi Theil-Sen saçılma grafiği.....	54
Şekil 4.6. Ordu ili aylık, mevsimlik ve yıllık referans bitki su tüketimi Theil-Sen saçılma grafiği.....	55
Şekil 4.7. Samsun ili aylık, mevsimlik ve yıllık referans bitki su tüketimi Theil-Sen saçılma grafiği.....	56

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge

Sayfa

Çizelge 3.1. Orta Karadeniz Bölgesindeki Meteoroloji Genel Müdürlüğü İstasyonlarına ait bilgiler.....	21
Çizelge 4.1. Çorum Shapiro-Wilk normalite testi sonuçları.....	32
Çizelge 4.2. Tokat Shapiro-Wilk normalite testi sonuçları	33
Çizelge 4.3. Amasya Shapiro-Wilk normalite testi sonuçları.....	34
Çizelge 4.4. Ordu Shapiro-Wilk normalite testi sonuçları	35
Çizelge 4.5. Samsun Shapiro-Wilk normalite testi sonuçları	36
Çizelge 4.6. Mann-Whitney U testi sonuçları (Z değerleri)	37
Çizelge 4.7. Levene ve t testi sonuçları.....	38
Çizelge 4.8. Homojenlik sonuçları.....	40
Çizelge 4.9. Çift birikimli eğri uygulandıktan sonraki verilerin Levene ve t-testi homojenlik sonuçları	41
Çizelge 4.10. Çift birikimli eğri uygulandıktan sonraki verilerin Mann-Whitney U testi homojenlik sonuçları.....	42
Çizelge 4.11. Çorum iline ait aylık, mevsimlik ve yıllık referans bitki su tüketiminin trend analizi sonucu.....	43
Çizelge 4.12. Tokat iline ait aylık, mevsimlik ve yıllık referans bitki su tüketiminin trend analizi sonucu.....	44
Çizelge 4.13. Amasya iline ait aylık, mevsimlik ve yıllık referans bitki su tüketiminin trend analizi sonucu.....	45
Çizelge 4.14. Ordu iline ait aylık, mevsimlik ve yıllık referans bitki su tüketiminin trend analizi sonucu.....	46
Çizelge 4.15. Samsun iline ait aylık, mevsimlik ve yıllık referans bitki su tüketiminin trend analizi sonucu.....	47
Çizelge 4.16. Orta Karadeniz Bölgesi'ndeki illere ait Yenilikçi Trend Analizi sonuçları.....	49
Çizelge 4.17. Orta Karadeniz Bölgesi'ndeki illere ait Theil-Sen eğilim analiz sonuçları.....	51

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

ET	: Bitki Su Tüketimi
ETo	: Referans Bitki Su Tüketimi
E	: Enlem
B	: Boylam

Açıklama

Kısaltmalar

OKB	: Orta Karadeniz Bölgesi
FAO	: Gıda ve Tarım Organizasyonu
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
DSİ	: Devlet Su İşleri
PM	: Penman-Monteith
IPCC	: Devletler Arası İklim Değişikliği Paneli
M-I	: Ocak-Şubat-Mart Ayları
M-II	: Nisan-Mayıs-Haziran Ayları
M-III	: Temmuz-Ağustos-Eylül Ayları
M-IV	: Ekim-Kasım-Aralık Ayları
YT	: Yıllık Toplam
ÇBE	: Çift Birikimli Eğri
MWU	: Mann-Whitney U Testi
MK	: Mann-Kendal Testi
SR	: Spearman Rho Yöntemi
LR	: Lineer Regresyon
LW	: Levene Testi
TT	: T Testi
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences

Açıklama

1. GİRİŞ

Dünyamızı ve ülkemizi tehdit eden en önemli problemlerin başında küresel ısınma gelmektedir. Küresel ısınma kendisini dünyanın farklı bölgelerinde farklı şekilde göstermektedir. Kimi bölgelerde kuraklık, kimi bölgelerde aşırı yağış, kimi yerlerde fırtına ve hortum gibi telafisi çok güç zararlarla insanoğlunun karşısına çıkmaktadır. Küresel ısınmaya bağlı meydana gelmesi muhtemel olağan dışı iklim olaylarının bir sonucu olarak taşkınlar ve seller gibi hidrolojik doğal afetlerin şiddetinde, sıklığında ve etkinlik alanında önemli artışlar olabileceği beklenmektedir. IPCC (2007)'de hidrolojik döngünün unsurlarından olan yağıştaki değişim, akarsuların ortalama ve mevsimsel akış seviyelerinde ciddi değişimler neden olacağını belirtmiştir.

İklim bilimciler atmosfere salınan insan kaynaklı sera gazlarındaki artışın önlenememesi durumunda bu bahse konu olan çevresel felaketlerin etkisinin artarak devam edeceğini bildirmektedir. Bu anlamda sera gazı salınımının azaltılması konusunda birçok tedbirler alınmasıyla ilgili öneriler getirilirken bunlar arasında yenilenebilen alternatif enerji kaynaklarının kullanımı üzerinde de durulmaktadır. Küresel iklim değişikliğinin etkisi dünyanın farklı bölgelerinde farklılık göstermekte, bazı bölgeler aşırı yağışa bağlı taşkın sorunları yaşarken bazı bölgelerde ise kuraklık olarak karşılaşılan sorunlar yaşanmaktadır.

Olası iklim değişikliğinin ekosistem üzerine etkisi değerlendirilirken çoğunlukla yağışlardaki değişim analiz edilmektedir. Ancak yağışların yıl içerisindeki dağılımları aylara göre önemli miktarda farklılık göstermektedir. Özellikle Temmuz ve Ağustos ayları doğal olarak kurak olduklarından, bazı yıllarda meydana gelen şiddetli yağışlardan dolayı bu ayların normal gidişi etkilenmekte ve yağışlarda artan bir eğilim gözükmektedir. Söz konusu bu analizler ayların doğal yapısını bir anlamda tam yansıtmamaktadır. Gerçekte bu aylar oldukça kurak geçmesine rağmen meydana gelen şiddetli yağışlar yapılan analizlerde trende neden olmaktadır. Bu anlamda küresel ısınmanın ya da diğer faktörlerin iklim elemanları üzerindeki etkisini yorumlamada referans bitki su tüketimi (ET_o) değerlerinin kullanılması daha doğru sonuçlar vermektedir (Yürekli ve ark., 2017).

Canlı yaşamı için mutlak gerekli olan suyun nitelik ve nicelik olarak karşılanması, su kaynaklarının veriminin saptanması, gelecekteki su ihtiyacı göz önünde tutularak planlamalar yapılması anlamında önemlidir. Su ihtiyacımızın karşılandığı doğal su kaynakları genel anlamda yağışlardan meydana gelmektedir. Bu manada su kaynaklarımızı geliştirmek için alınması öngörülen mühendislik tedbirlerinin (inşaat, işletme ve üretim çalışmalarında) alınmasında hiç kuşkusuz amaca uygun hidrolojik verilere bağlı parametrelerin homojen verilerden sağlanması önemlidir. Bu anlamda amaca uygun sağlıklı proje değerlerinin elde edilmesinde çalışılan bölgenin yağış ve akarsu akımlarındaki değişiminin belirlenmesi gerekmektedir.

Hidrolojik döngünün bir gerekliliği olarak su, atmosfer, yerüstü ve yeraltı olmak üzere üç farklı ortama dağılmıştır. İhtiyacımızın karşılandığı yerüstü ve yer altı su kaynaklarının potansiyelleri yağışların miktar ve dağılımına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu durum özellikle bugün küresel ısınma ile kendini daha belirgin olarak hissettirmeye başlamıştır. Su kaynaklarını besleyen yağışların azalması durumunda, su ihtiyacı karşılanamaz, ancak yağışların çok arttığı dönemlerde ise can ve mal kaybına neden olacak miktarda taşkınlar meydana gelir (Okman 1975).

Bugün dünya gündemini en çok meşgul eden ve bu manada belli dönemlerde tekrarlanan küresel iklim değişikliği üzerine yapılan toplantılarda gündeme getirilen taşkın ve kuraklık olaylarının dünyanın farklı bölgelerinde sıkça tekrarlandığı vurgulanmaktadır. Ülkemiz bu çevresel felaketten etkilenecek ülkeler arasında gösterilmekte, kısa veya uzun süreli iklim değişkenliklerinin yaşanabileceği riskli ülkelere birisi olduğu vurgulanmaktadır (Türkes ve ark. 2002).

Mevcut su kaynakları potansiyelimizin etkili bir biçimde kullanmak, olası suya bağlı doğal afetlerden korunma, kuraklık veya bu afetlere bağlı meydana gelecek zararı en aza indirmek için alınması gerekli tedbirler belirlenmelidir. Ülkemiz açısından suya bağlı değişimin olumsuz etkileri sektörel bazda düşünüldüğünde, en ciddi etki tarım sektörü üzerinde olacaktır. Çünkü ülkemizdeki kullanılabilir suyun yaklaşık %75'i tarım sektöründe kullanılmaktadır. Hatta bu olumsuzluktan ülkemizde tarıma dayalı sanayinin de oldukça fazla olması, yaşanacak kuraklıktan ciddi anlamda etkileneceği

anlamına gelir. Küresel ısınmanın etkisi ile ülkemiz doğal kaynaklarının gelecekteki durumları üzerine analizler yapılarak bilgi edinilmesi su kaynaklarının rantabl olarak işletilmesi açısından önemlidir. Son zamanlarda küresel ısınmanın etkisinin araştırılmasında referans bitki su tüketiminin değişimi üzerine analizler yoğunlaşmış durumdadır.

Küresel ısınmanın ya da diğer faktörlerin iklim elemanları üzerindeki etkisini yorumlamada referans bitki su tüketimi (ET_o) değerlerinin kullanılması daha doğru sonuç vermektedir. Bu nedenle iklim veya atmosferik şartlarda meydana gelen değişim doğrudan ET_o'a yansımaktadır. Sonuç olarak, ET_o iklim parametrelerine dayalı ve iklim verilerinden hesaplanabilmektedir. ET_o, bitki özelliklerini ve toprak faktörlerini dikkate almamakta, özel bir bölgede ve yılın özel bir zamanında atmosferin buharlaşma talebini ifade etmektedir.

Bu çalışmada, Orta Karadeniz Bölgesinde bulunan beş ilin iklim verileri kullanılarak tahmin edilen aylık, mevsimsel ve yıllık referans bitki su tüketim (ET_o) değerlerindeki değişimin analizi parametrik olmayan yöntemler ile belirlenecek ve bölgedeki değişim tespit edilmeye çalışılacaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Beyribey ve ark. (1997), yapmış olduğu çalışmada Türkiye'nin kurak ve yarı kurak bir iklim kuşağı içerisinde olduğunu ve bu durumun sulama açısından önemini bir kat daha arttırdığını ifade etmektedir. Su kaynaklarının etkin kullanılabilmesi ve sulama projelerinin koşullara uygun bir şekilde hazırlanabilmesi için bölge koşullarında yetiştirilen bitkilerin yetiştirme devresi boyunca kullandıkları aylık ya da daha kısa dönemlere ilişkin su miktarının önceden bilinmesi gerektiğini bildirmiştir. Bitki su tüketiminin belirlenmesinde en sağlıklı yol doğrudan ölçme yöntemleri olmasına karşın bu yöntemler pahalı ve zaman alıcı olduğunu ve bu nedenle araştırmacıların bitki su tüketiminin tahmininde kullanılabilecek eşitlikler geliştirdiğini söylemektedir. Söz konusu çalışmada ülkemizde devlet sulama şebekelerinde Blaney-Criddle ve Penman-Monteith yöntemlerine göre 1984-1993 yıllarına ilişkin toplam sulama suyu ihtiyaçları hesaplanmış ve sonuçları birbiri ile karşılaştırılmıştır. Bu amaçla 120 sulama şebekesinde sulama suyu ihtiyaçları iki yöntemle göre hesaplanmıştır. Bu çalışma sonuçlarına göre Penman-Monteith yöntemi ile Blaney Criddle yöntemi arasındaki farkın önemli olabileceği söylenmiştir. Bundan dolayı, bitki su tüketimi ve sulama suyu ihtiyacı hesaplarında yeterli iklim faktörünün bulunduğu koşullarda Penman-Monteith yönteminin uygulanması ile daha sağlıklı sonuçlar bulunduğu sonucuna varılmıştır.

İlhan ve Utku (1998) yaptıkları çalışmada projeli koşullarda ekim yapılması planlanan bitkilerin aylık su tüketimlerinin hesaplanarak, Güneydoğu Anadolu Projesi sulama alanlarında bitki desenine göre bitki su gereksiniminin saptanmasını amaçlamışlardır. Bitki su tüketiminin saptanmasında iklim faktörlerinden sıcaklık, güneşlenme süresi, nispi nem, rüzgâr değerlerinin doğrudan kullanılması ve hesaplama sonuçlarının güvenilir olması nedeniyle Penman-Monteith Yöntemi seçildiğini söylemiştir.

Yürekli ve ark. (2007), Tokat civarında yaptıkları çalışmada sıcaklık, bağıl nem ve solar radyasyon değerlerinde trend olup olmadığını belirlemek amacıyla birim kök testini kullanmışlardır. Sıcaklık ve solar radyasyon serilerinde trend gözlemlenirken bağıl nem serilerinde trend olmadığını bildirmişlerdir.

Emekli ve Baştuğ (2007), yapmış oldukları araştırmada, açık tarla koşullarında farklı düzeyde uygulanan sulama suyunun Bermuda çiminin su tüketimine etkisi ve su tüketiminin tahmini için referans bitki su tüketimi hesaplanmasında kullanılan bazı deneyimsel eşitliklerin geçerliliğinin belirlenmesini amaçlamışlardır. Antalya koşullarında A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşmanın %75'i düzeyinde sulama yapılmasının bermuda çimi için yeterli olacağı, anılan çim bitkisi için su tüketimi tahmininde referans bitki su tüketimi eşitliklerinin kullanılması durumunda en iyi tahmin eşitliklerinin sırasıyla FAO Radyasyon, Orijinal Penman ve Penman-Monteith eşitlikleri olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır. ETo değerlerine dayalı olarak yapılması durumunda ise sırasıyla FAO Radyasyon, Orijinal Penman ve Penman-Monteith eşitlikleri ile belirlenecek ETo değerlerinin kullanılması önerilerinde bulunmuşlardır.

Karabulut ve Cosun (2009), yaptıkları çalışmada Kahramanmaraş ilinde yağışların trend analizini incelemiş olup hem mevsimlerdeki yağışlı gün sayısında yaşanan değişimleri hem de yağışların kayma gösterdiği mevsimlerin tespitini ve kurak olarak değerlendirilmesi mümkün olan senelerin varlığını göstermek için lineer regresyon analizini uygulamışlardır. Ayrıca çalışma bölgesinde elde edilen yağış verilerine Mann-Kendall analizi uygulayarak aylık, yıllık ve mevsimlik yağış serilerinin muhtemel gidiş bileşeni tespit etmeyi ve istatistiki açıdan anlamlı bir değişimin olup olmadığını saptamayı hedeflemişlerdir. Mevsimlik ve aylık yağışlar açısından istasyonların tamamında azalan bir trendin olduğu bildirilmiştir.

Karabulut (2009) Kahramanmaraş, Gaziantep ve Adıyaman illerinin yıllık, aylık ve mevsimsel yağış verilerine Mann-Kendall, Sen'in eğim testi, lineer regresyon ve kümülatif sapma grafiği kullanarak trendin varlığını araştırmıştır. Araştırma sonucunda göz önüne alınan illerin yağışlarında istatistiki anlamda bir değişimin olmadığı saptanmıştır.

Zotarelli ve ark. (2010), bitki su tüketimindeki en hassas hesabın Penman-Monteith yöntemiyle yapıldığını ve Florida'da yaygın olarak kullanıldığını bildirmiştir.

Uçgun (2010), yaptığı çalışmada Kızılırmak Havzası'ndaki istasyonlardan elde edilen yağış, sıcaklık, buharlaşma ve akım verilerinin trend analizini yapmıştır. Analiz şartlarına uygun istasyonlara öncelikle homojenlik testlerinden olan t-testi uygulanmıştır. Daha sonra trend analizi için homojen olan istasyonların mevcut gözlenmiş verilerinden faydalanmak suretiyle, parametrik olmayan yöntemler arasında en yaygın olarak kullanılan Mann-Kendall ve Spearman Rho testlerinin analizlerde tercih edilmiştir. Ayrıca %95 ve %90 güven aralığında yapılan incelemeler sonucunda, trend tespit edilen istasyonlarda Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi ile trend başlangıç yılı bulunmuş ve eğimleri de Sen Eğim Metoduna göre belirlenmiştir. Toplam 156 ay içerisinde, %95 güven aralığında, 38 ay için anlamlı trend belirlenmiştir. %90 güven aralığında ise 156 ay içerisinde 56 ay için anlamlı trend bulunmuştur.

Zhao ve ark. (2010), yaptığı çalışmada Penman-Monteith modelinin, tüm dünyada karasal ekosistemdeki buharlaşmayı tahmin etmek için uygulandığını, birçok çalışmada gösterildiği gibi, toplu gölgelik direnci Penman-Monteith modelinin uygulanmasında özellikle önemli bir faktör olduğunu söylemiştir.

Liang ve ark. (2010) Çin'deki Taoer Nehri havzasında 1961-2005 yılları arasındaki meteorolojik verileri kullanarak Penman-Monteith yöntemi ile referans evapotranspirasyonu (ET_o) belirlemişlerdir. Mann- Kendall, t test ve Morlet dalgacık yöntemleriyle ET_o veri setlerinde önem seviyelerini tespit ederek, maksimum hava sıcaklığı, ortalama hava sıcaklığı, bağıl nem ve güneşlenme saatlerinin sorumlu ana iklim değişkenleri olduğunu bulmuşlardır.

Espadafor ve ark. (2011), yapmış oldukları çalışmada Güney İspanya gibi yarı kurak bölgelerde iklim değişikliğinin, havanın sıcak ve daha kuru olmasının bitkideki su talebini etkilediğini ifade etmişlerdir. Bu etkileri incelemek için 8 hava istasyonundan aldıkları güneşlenme süreleri, sıcaklık, bağıl nem ve rüzgâr hızlarını beş yöntem kullanarak analiz etmişlerdir. 1960-2005 yıllarındaki ET_o değerlerini hesaplamak amacıyla kullanılan yöntemlerden daha az veriye ihtiyaç duyulan Penman-Monteth yöntemi de kullanılmıştır. Ayrıca mevsimsel trendleri tespit etmek amacıyla Mann-

Kendall testi uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda Endülüs'te son 45 yılda olumlu yönde eğilim tespit edilmiştir.

Dinpashoh ve ark. (2011), İran'da yapmış oldukları çalışmada referans bitki su tüketimleri meteorolojiden alınan verilerin Penman-Monteith formülünde yerlerine koyularak aylık ve yıllık olarak elde etmişlerdir. ETo serilerindeki eğilimleri bulmak amacıyla meteorolojik verilerin her birine regresyon analizi uygulamışlardır. Bu çalışmanın sonucu olarak İran'da ETo değerlerinin eğilimlerini etkileyen en önemli meteorolojik parametrenin rüzgâr hızı olduğunu tespit etmişlerdir.

Tabari ve Talae (2011), İran'da yağışlardaki değişimi araştırmak amacıyla 41 adet yağış gözlem istasyon verilerinden elde ettiği 39 yıllık (1966-2005) verilerden faydalanarak Mann-Kendall, Theil-Sen eğim ve doğrusal regresyon yöntemleriyle analiz etmişlerdir. Söz konusu gözlem istasyonlarının 24 tanesinde yıllık yağmur serilerinde azalma eğilimi tespit edilmiştir. Bu azalma eğilimi gösteren istasyon konumlarının, İran'ın kuzeyinde yer aldığı bildirilmiştir.

Tang ve ark. (2011), Kuzey Çin'in Haihe akarsu havzasına ait ETo değerlerini meteorolojiden almış oldukları radyasyon, buhar basıncı, rüzgâr hızı ve sıcaklık verileri kullanılarak Penman-Monteith eşitliği ile hesaplamışlardır. Aylık, yıllık ve mevsimsel seriler oluşturarak zamansal varyasyonları analiz etmişlerdir. 34 meteoroloji istasyonundan aldıkları 1950-2007 yılları arasındaki verileri incelediklerinde rüzgâr hızının ve radyasyonun ETo üzerinde olumsuz etkilerinin olduğunu tespit etmişlerdir.

Nafarzadegan ve ark. (2013), Güney İran'daki yaptığı bu çalışmada evapotranspirasyonun, atmosferik koşullardan doğrudan etkilenen hidrolojik döngünün en önemli bileşenlerinden biri olduğunu vurgulayarak, 1966-2005 yılları arasında 10 istasyondan elde ettiği iklim değişkenlerini kullanarak ETo değerlerindeki değişimi etkileyen en önemli iklim değişkenlerini araştırmışlardır. Verilerde trend olup olmadığı Mann-Kendall, Spearman Rho, Pearson korelasyon ve lineer regresyon testleri ile analiz edilmiştir. ETo için Güney İran'da en etkili değişkenlerin rüzgâr hızı, bağıl nem ve güneş radyasyon süresi olduğunu bildirmişlerdir.

Bayramoğlu (2013), yapmış olduğu çalışmada, Trabzon ilinde 2009-2012 yılları arasında meteorolojik veri kullanarak bitki su tüketim tahminlerinde daha gerçekçi sonuçlara ulaşan bir yöntem olan Penman-Monteith yönteminden faydalanmış ve referans bitki su tüketimini hesaplamıştır. Bu değerlere bağlı olarak elde edilen ETo miktarlarında meydana gelen değişimi bulmuştur. Çalışmanın sonucu olarak yıllar arasında artan sıcaklık ve değişen verilere göre ETo miktarlarında artış olduğunu tespit etmiştir.

İstanbulluoğlu ve ark. (2013), Tekirdağ Çorlu ilçesine ait 1970-2010 yıllarındaki aylık mevsimlik ve yıllık yağış verilerine Mann-Kendall, Spearman Rho, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi ve Sen'in eğim testini uygulamışlardır. Ancak yapılan analiz sonuçlarına göre yağış verilerinde değişimin olmadığını belirtmişlerdir.

Şimşek ve ark. (2013), tarafından Antakya ve İskenderun bölgesinde bulunan gözlem istasyonlarından elde edilen 40 yıllık (1970-2010) iklim verilerinde; yağış, sıcaklık, rüzgar hızı ve nem parametrelerinin analizleri Spearman Rho ve Mann-Kendall Testi ile analiz edilmiş, trend yönünün tespitinde Sen'in trend analiz yöntemini kullanmıştır. Mann-Kendall Sıra Korelasyon Testiyle de trend değişiminin olduğu yıllar tespit edilmiştir.

Şimşek ve ark. (2014), Konya bölgesindeki gözlem istasyonlarına ait 31 yıllık (1975-2006) iklim parametrelerini ele alarak Penman-Monteith ilişkisinden elde edilen aylık ETo değerlerindeki trend analizinde Kuruskal Wallis ve Levene testini, eğilim noktasının tespitinde ise Pettitt testini uygulamışlardır. Analiz sonucunda aylık ve mevsimsel ETo verilerinde değişimin olduğunu belirtmişlerdir.

Sharifi ve Dinpasosh (2014), İran'da yaptıkları bir çalışmada referans bitki su tüketiminin duyarlılık analizi incelemişlerdir. Kurak ve yarı kurak bölgelerde suyun daha iyi yönetilmesi nedeniyle ETo'nun hava parametrelerine duyarlılığını analiz etmenin önemli olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmada, İran'ın seçilen sekiz istasyonunda ETo'nun iklim değişkenlerine duyarlılığı araştırılıp ETo tahmin etmek

için Penman-Monteith yönteminin en çok tavsiye edilen bir yöntem olduğunu ifade etmişlerdir.

Ünlükara ve Yürekli (2014), küresel ısınmanın Karaman, Konya, Ankara, Kayseri ve Afyon bölgesindeki etkisini araştırmak amacıyla, iklim parametrelerini de içine alan FAO Penman-Monteith ilişkisine göre referans bitki su tüketimi (ET_o) hesaplamışlardır. Mevsimsel ET_o verilerinde trendin varlığını belirlemek için Mann-Kendall ve Theil-Sen trend testlerini kullanmışlardır. Serilerde trendin varlığının tespit edildiği bildirilmiştir.

Anlı (2014) Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yapmış olduğu çalışmada, keşif kuraklık indeksi (RDI) kullanarak kuraklık değerlendirilmesi yapmış, ayrıca Penman-Monteith yöntemiyle hesaplanan ET_o değerlerinin zaman içerisindeki değişimini araştırmıştır. Çalışma sonucuna göre ET_o değerlerinde önemli artış eğilimleri olduğu belirlenmiştir.

Çeribaşı ve Doğan (2015), Sakarya Havzası, Batı ve Doğu Karadeniz havzalarına ait yağış ve akarsu askıda katı madde serilerinde trend olup olmadığını Spearman Rho ve Mann-Kendall testlerini kullanarak analiz etmiştir. Analiz neticesinde Sakarya Havzası'nda yağmur ve akarsu askıda katı madde serilerinde azalan bir eğilimde olduğu bildirilmiştir. Doğu Karadeniz Havzası'nda yağış serilerinin artan bir eğilim gösterdiği, akarsu askıda katı madde serilerinde ise trend gözlemlenmediği, Batı Karadeniz Havzası'nda ise yağış serilerinde trend olmadığı, akarsu askıda katı madde serilerinin azalan bir eğilimi gösterdiği saptanmıştır.

Huang ve ark. (2015), Holt testini kullanarak yağmurlarda meydana gelen değişimi analiz etmişlerdir. Ayrıca Mann-Kendall'ın Tau testi ve Spearman Rho testini trendin önemini belirlemek ve karşılaştırma yapmak amacıyla kullanmışlardır. Aylık yağmur trend analizinde Mart, Temmuz ve Kasım aylarında istasyonların çoğunda artışın olduğu aylar olarak saptanmıştır. Mayıs ve Eylül aylarında istasyonların genelinde yağmur verilerinin azalma eğiliminde olduğu ifade edilmiştir.

Yürekli (2015) Fırat-Dicle havzasında bulunan yağmur istasyonlarından elde edilen aylık toplam yağışları materyal olarak kullanarak mevsimsel ve yıllık yağmur

toplamlarındaki değişkenliği Mann-Kendall ve Mann-Kendall mertebe korelasyon testi ile belirlemiştir. Yağmur serilerindeki trendin büyüklük ve yönünü Theil-Sen eğim tahmin testi ile belirlemiştir.

Yılmaz (2015), Antalya bölgesinde yedi ekstrem yağmur indislerindeki trendleri yedi yağış istasyonundan elde edilen günlük yağmur verisini kullanarak analiz etmiştir. Bu amaçla Mann-Kendall ve Spearman Rho testini kullanmıştır. Çalışma bölgesindeki bir istasyona ait indislerde bir değişimin olmadığı saptanırken diğer istasyonlarda genel anlamda artan trend eğilimlerinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Ershadi ve ark. (2015), referans bitki alanlarındaki su tüketiminin hesaplanmasında en iyi modelin Penman-Monteith olduğunu vurgulamışlardır.

Tanrikulu (2016) çalışmasında Ege Bölgesindeki aylık toplam yağış, yıllık toplam yağış, aylık ortalama sıcaklık ve yıllık ortalama sıcaklık verilerini kullanarak trend analizi gerçekleştirmiştir. Analiz yöntemi olarak Mann-Kendall, Spearman Rho, Sen testleri ve Parametrik Lineer Regresyon yöntemlerini kullanarak trend eğilimlerini gözlemlemiştir. Sonuç olarak ise yıllık toplam yağış analizleri sonucunda genel olarak anlamlı bir eğilim görülmemiştir. Yıllık ortalama sıcaklık analizlerinde genel anlamda artış eğilimi tespit edilmiştir. Aylık toplam yağış verilerinde bazı aylarda noktasal değişimler olmakla birlikte genelde anlamlı bir eğilim görülmemiştir. Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Kasım ve Aralık ayları ortalama sıcaklık analizinde genel olarak anlamlı eğilim tespit edilmemiştir. Mayıs ayı ortalama sıcaklık analizinde genel olarak 11 istasyon anlamsız eğilim göstermiş, geriye kalan istasyonlarda artış eğilimi tespit edilmiştir. Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları ortalama sıcaklık artış eğilimi göstermiştir. Eylül ayı ortalama sıcaklık analizinde kıyı bölgelerde artış eğilimi devam etmekte olup buna karşın iç bölgelerde artış eğilimi bölgeyi terk etmiştir. Ekim ayı ortalama sıcaklık analizinde genel olarak 6 istasyon artış eğilimi göstermiş, diğer istasyonlar anlamlı eğilim göstermemiştir. Bölgede genel olarak sıcaklık verilerinde, özellikle de yaz aylarında artış eğilimi gözlenmiştir.

Çobaner ve ark. (2016), Penman-Monteith yöntemini referans bitki evapotranspirasyon değerlerinin hesaplanmasında tutarlı ve sağlıklı sonuçlar vermesi sebebiyle literatürde en çok kullanılan eşitlik olduğunu ifade etmişlerdir. Penman-Monteith formülünde referans evapotranspirasyon değerini etkileyen bağımsız değişkenler olarak solar radyasyon (R_s), hava sıcaklığı (T), rüzgâr hızı (U_2), ve bağıl nem (RH) gibi meteorolojik veriler kullanılmaktadır. Penman-Monteith eşitliğiyle evapotranspirasyon değerinin hesaplanmasının biraz karışık olmasından ve bu eşitliğin fazla sayıda tanımlayıcı meteorolojik veriye ihtiyaç duymasından dolayı, yeterli veri olmadığı durumlarda onun yerine Hargreaves-Samani eşitliğinin kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre Hargreaves-Samani eşitliği ile hesaplanan sonuçların Penman-Monteith yöntemine göre hesaplanan sonuçlara yakın değerler elde edildiği açıklanmıştır.

Djaman ve ark. (2016), çalışmalarında referanslı bitki su tüketiminin doğru belirlenmesi, özellikle artan su kıtlığı ve iklim azaltma koşulları altında tarımsal, hidrolojik ve çevresel çalışmalar için çok önemli olduğunu ve Penman-Monteith modelinin en doğru model olarak bilindiğini ifade etmişlerdir.

Karaca ve ark. (2017) yapmış oldukları çalışmada Antalya ilinde ETo değerlerinin aylık seriler olarak zamansal ve mekânsal değişimlerinin belirlenmesini amaçlamıştır. 20 meteoroloji istasyonunda ölçülen iklim verilerinden faydalanmışlardır. Cropwat programının da yardımıyla ETo değerleri bulunmuştur. Mekansal ve zamansal olarak değişimi belirten haritaları oluştururken ArcGis yazılımını ve Splane Yöntemini kullanmışlardır.

Xu ve ark. (2017), yapmış oldukları çalışmada 1957-2014 yılları arasında Çin'in doğusunda bulunan 46 adet meteoroloji istasyonu için Penman-Monteith yöntemini kullanarak ETo hesaplamışlardır. ETo zamansal eğilimleri ve mekânsal dağılımları Mann-Kendall yöntemi ve lineer regresyon yöntemine göre analiz etmişlerdir. Sonuç olarak, yıllık ETo'nun kuzey bölgesinde daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Yürekli ve ark. (2017), yapmış oldukları çalışmada Orta Anadolu Bölgesinde bulunan Ankara, Konya, Kayseri, Karaman ve Afyon illerinde küresel ısınmanın etkilerini tespit etmek amacıyla iklim parametrelerini kullanarak Penman-Monteith yöntemiyle aylık ETo değerlerini elde etmişlerdir. Elde edilen aylık ETo değerlerinden faydalanılarak mevsimsel ETo değerlerini Holt ve birim kök testi ile inceleyerek birçok istasyonda trendin tespit edildiğini bildirilmişlerdir.

Nemli (2017), çalışmasında yağış verilerinde trendi tespit etmek için parametrik yöntem olan regresyon analizi ve parametrik olmayan Mann Kendall ve Spearman'ın Rho testlerini uygulamıştır. Trend analizine geçmeden önce serisel korelasyonun (içsel bağımlılık) yok etmek için ön arındırma yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda Doğu Karadeniz bölgesinde 10 adet meteoroloji istasyonu için yağış trendleri gözlemlendiğinde artan yönde trend olduğu görülmüştür.

Zhang ve ark. (2018), Hangjiahu bölgesinde yapmış oldukları çalışmada, 6 adet meteoroloji istasyonundan aldıkları 50 yıllık iklim verilerinin, Penman-Monteith denkleminde yerlerine koyularak ETo değerlerini hesaplamışlardır. Mekânsal analiz fonksiyonu için IDW enterpolasyon yöntemi ile haritalar oluşturmuşlardır. Sonuç olarak, ETo ortalama değerlerinin 811.2 mm ile 1039.9 mm arasında değiştiğini ve çalışma alanının doğusundan batıya doğru değerlerin düştüğünü bulmuşlardır. Ayrıca dağlık alanların diğer alanlara göre ETo değerleri daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir.

Yürekli (2018) yaptığı çalışmada Güney Doğu Anadolu projesi (GAP) alanında, parametrik ve parametrik olmayan yöntemler kullanarak yıllık ve mevsimlik yağışların değişimlerini analiz etmek amacıyla Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğünde GAP alanının yağış verilerini alarak aylık ve mevsimlik çizelgeler haline getirmiştir. Varyasyonun büyüklüğünü ve eğimini tespit etmek amacıyla Theil-Sen yöntemini, eğimin yönünü belirlemek için ise birim kök ve Man Kendal yöntemini kullanmıştır. GAP alanın tüm zaman çizelgeleri incelendiğinde Man-Kendal test sonuçlarının %75'i negatif eğilimde olduğu görülmüştür.

Demircan (2018), yapmış olduğu çalışmada Çekerek Çayı akımlarındaki değışimin analizini yapmıştır. Göz önüne alınan veri setlerindeki değışkenliğin analizi için, parametrik olmayan Mann-Kendall, Spearman Rho, Kruskal-Wallis, Levene testleri ve Şen'in grafik yöntemleri kullanılmıştır. Mann-Kendall ve Spearman Rho testleri ile veri setlerinde istatistik anlamda değışimin olmadığını, Spearman Rho testi yalnızca bir veri setinde artan yönde istatistiki anlamda önemli eğilim ortaya çıkarmıştır.

Akçay (2018), yapmış olduğu çalışmada, küresel iklim değışikliğinin Doğu Karadeniz Havzası akımları üzerine etkilerini belirlemek amacıyla seçilen 19 adet akım gözlem istasyonunda 1962-2015 yılları arası aylık ve yıllık ortalama akım verilerine eğilim analizi uygulamıştır. İlk olarak istasyonlardaki eksik verileri regresyon modelleriyle tamamlamıştır. Sonrasında istasyonlarda zaman içinde iklime bağlı olmayan değışiklikler olup olmadığını test etmek amacıyla yıllık ortalama akım verilerine mutlak homojenlik testleri (Standart Normal Homojenlik Testi, Buishand Testi ve Von Neumann Testi) uygulanmıştır. Homojen verilere sahip olduğu belirlenen 14 adet istasyona eğilim analizi yöntemlerinde Mann-Kendall, Şen'in Yenilikçi Eğilim ve Şen'in Geçiş Eğilim yöntemleri uygulanmıştır. Mann-Kendall yönteminden önce içsel bağımlılık dikkate alınmış ve bağımlılık tespit edilen verilerin arındırılması Trend Free Prewhitening Yöntemi ile yapılmıştır. Mann-Kendall Yöntemi ile eğilim bulunan verilerde eğilimin büyüklüğü Şen'in Eğilim Eğim Yöntemi ile hesaplanmıştır. Sonuçlar değeriendirildiğinde, Mann-Kendall ve Şen'in Geçiş Eğilim yöntemlerine göre yıllık ortalama akımlarda hiçbir istasyonda eğilim görölmezken Şen'in Yenilikçi Eğilim Yöntemine göre düşük, orta ve yüksek değeri için farklı eğilimler görölmüştür. Aylık ortalama akımlarda ise Mann-Kendall ve Şen'in Geçiş Eğilim yöntemlerine göre çoğunlukla eğilime rastlanmazken Şen'in Yenilikçi Eğilim Yöntemine göre düşük, orta ve yüksek değerielerde farklı eğilimler görölmüştür. Aylık analizlerde genellikle Temmuz ve Ağustos ayları akımlarında belirgin şekilde azalan yönde eğilime rastlanırken sonbahar, kış ve ilkbahar aylarında özellikler orta ve yüksek değerielerde artan yönde eğilim tespit edilmiştir.

Yılmaz (2019), yapmış olduğu çalışmada Türkiye akarsu havzalarındaki yıllık anlık maksimum akımların trend analizini yapmıştır. Türkiye'de yer alan 26 akarsu

havzasında bulunan 153 istasyondan elde edilen yıllık anlık maksimum akımların (YAMA) trendlerinin iki kapsamlı geleneksel parametrik olmayan trend testi, Mann-Kendall ve Spearman Rho zamansal trendin anlamlılığını belirlemek için kullanırken Şen eğim metodu ise trendin büyüklüğünü belirlemek için uygulanmıştır.

Güven (2019), yaptığı çalışmada Yukarı Fırat Havzasındaki hidrometeorolojik verilerin trend analizini, 28 adet gözlem istasyonundan yıllık ve aylık akım, buharlaşma, nisbi nem, sıcaklık, yağış değerlerini araştırmıştır. İlk olarak homojenlik durumları Run testi ile incelenmiş, hidrometeorolojik verileri homojen olan istasyonlara Mann-Kendall ve Spearman Rho trend testleri uygulanarak anlamlı trendlerin olup olmadığı araştırılmış ve değişim eğimleri de Sen'in eğim metodu ile belirlenmiştir. Homojen olan istasyonlardaki yıllık hidrometeorolojik veriler incelendiğinde Mann-Kendall ve Spearman Rho analizlerinin tam uyumlu olduğu, aylık hidrometeorolojik veriler için ise trend sonuçları incelendiğinde trendlerin aynı yönde olma oranı %97 civarında olduğu gözlenmiştir. Değişimlerin eğimleri Sen Eğim metodu ile incelendiğinde ise hem Mann-Kendall hem de Spearman Rho testleriyle elde edilen trendler ile aynı yönlü eğimler elde edilmiştir.

Yüksel (2019), yaptığı çalışmada Kızılırmak Havzasında Mevsimsel ve yıllık yağmurlardaki değişkenliğin saptanması ile ilgili çalışma yapmıştır. Bu çalışmada Kızılırmak havzasında mevsimsel ve yıllık yağmurlardaki değişkenliğin saptanması amaçlanmıştır. Kızılırmak havzasındaki yağış istasyonlarının aylık toplam yağmur miktarlarından elde edilen mevsimsel (MI: Ocak-Mart; MII: Nisan-Haziran; MIII: Temmuz-Eylül; MIV: Ekim-Aralık) ve yıllık toplam (YT) yağmur miktarlarında meydana gelen değişimlerin tespiti için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait 30 adet yağış istasyonundan alınan 1950-2015 yıllarına ait veriler kullanılmıştır. Bu verilerin analizinde Mann-Whitney U, Holt Yaklaşımı, Spearman Rho ve Pettitt testleri uygulanmıştır.

Arslan (2019), çalışmasında Kapadokya bölgesinde yaz aylarındaki buharlaşma verilerini incelemiştir. Kayseri, Kırşehir, Nevşehir, Niğde ve Aksaray illerine ait aylık toplam buharlaşma verilerini kullanarak Mann Kendall Mertebe Korelasyon testi ile

trend analizi yapmıştır. Niğde, Kayseri ve Nevşehir için %99 güven düzeyinde anlamlı artma eğilimi gözlemlenmiştir. Aksaray ve Kırşehir illerinde ise anlamlı bir trend gözlemlenmemiştir.

Yürekli ve ark (2019) Yeşilırmak havzasında yapmış oldukları çalışmada akış verilerinin homojenliğini, standart normal homojenlik testi, Pettit testi, Buishand sıra testi ve Von Neumann oranı olarak adlandırılan parametrik olmayan yöntemler kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirmiştir. Çalışmada dikkate alınan tüm istatistiksel testlere göre verilen akış verilerinin istatistiksel anlamlı homojen olmadığı sonucuna varılmıştır.

Yürekli (2019) Orta Anadolu Bölgesinde yaptığı çalışmada iklim değişkenliği varlığının belirlenmesinde belirleyici olarak Referans Bitki Su Tüketimi (ET_o) analizi yapılmıştır. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan 43 yıllık (1970-2012) tarihsel iklim verisi beş meteoroloji istasyonu için ET_o verisini hesaplamak amacıyla materyal olarak kullanılmıştır. ET_o verilerindeki değişim noktası CUSUM istatistik tekniğiyle belirlenmiştir. Ankara ve Konya isimli iki istasyonda istatistiki anlamda önemli bir değişimin olduğu, diğerlerinin istatistiki anlamda hiçbirinde önemli bir değişimin olmadığı gözlemlenmiştir.

Yürekli ve ark. (2019) Güney Doğu Anadolu Projesi (GAP) alanında referans evapotranspirasyon (ET_o) değişkenliğini lineer regresyon yöntemi ile araştırmışlardır. Bu amaçla, aylık referans evapotranspirasyondan mevsimsel ET_o zaman serileri oluşturulmuştur. Üç sitenin ET_o veri seti, iki sitenin bazı mevsimlerinde artış eğilimi varken, istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş eğilimi göstermiştir. Ancak Kilis sahasının tüm mevsimsel ET_o zaman serilerinde varyasyon tespit edilmemiştir.

Yıldırım ve ark. (2019) Gediz Havzası'nda uzun yıllar iklim verileri ile FAO Penman Monteith yöntemi kullanılarak Nisan-Eylül ayları için aylık ve yıllık ET_o değerlerini hesapladıkları çalışmalarında, CBS ile iki farklı yöntem kullanarak ET_o haritaları üretmişlerdir. Sonuç olarak CO-Kriging yöntemi ve Sphreical modelin ET_o haritalamada güvenilir olduğunu bildirmişleridir.

Yürekli (2020) tarafından yapılan çalışmada maksimum yağış veri dizilerinin değişiminin analizi ve bu veri setlerindeki değişimin frekans analizleri üzerindeki etkisi üzerine yürütmüştür. Değişim noktasının belirlenmesinde dikkate alınan Pettit testi ve frekans analizi için Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV) dağılımı ile ulaşılmıştır. GEV dağılımına dayanarak, farklı tekrarlanma periyotlarındaki yağmur değerleri her istasyon için değişim noktasından önceki ve sonraki veriler için tahmin edilmiş ve her tekrarlanma periyodundaki yağmur çiftleri önemli farka sahip olmuştur. Hidrolik projelerin tasarımında gerekli olan güvenilir verinin temininde, verideki değişimin giderilmesinin zorunlu olduğu vurgulanmıştır. Değişim noktasına sahip bir veriye çift birikimli eğri yöntemi uygulandığında güvenilir bir veriye ulaşılabileceği teyit edilmiştir.

Ndiaye ve ark. (2020) Senegal Nehir Havzası için ETo eğilimini ve iklim değişkenlerine duyarlılığını analiz etmek amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Sonuçlar, 1984-2017 yılları arasında havza alanının %32'si için yıllık ETo'da önemli bir artış olduğunu göstermiştir. Havzanın Sahelian kesiminde rüzgâr hızında düşüş belirlenmiştir. Bağlı nemin artması ve rüzgâr hızının azalması, ETo değerinde düşüş yaşanmasına neden olmuştur. Duyarlılık analizi, Senegal Nehri havzasında ETo'nun bağlı neme, maksimum sıcaklığa ve güneş radyasyonuna daha uyarlı olduğunu ortaya koymuştur.

Yürekli (2021) Kızılırmak Havzasında yağış verilerindeki değişimi Man-Kendall, Spearman Rho, doğrusal regresyon ve yenilikçi trend analiz yöntemleri ile incelemiştir.. Bu amaçla verilerin içsel değişimini belirlemek amacıyla tam veriyi üç kısma ayırarak incelemiştir. Çalışma bölgesindeki istasyonlardaki değişimin yenilikçi trend analizi ile daha etkin olarak belirlendiğini bildirmiştir.

Altalib ve ark. (2021), Irak'ta yapmış oldukları çalışmada Penman-Monteith yöntemi kullanarak referans bitki su tüketimini tahmin etmek için, 23 istasyondan 31 yıllık meteoroloji verilerini kullanmış, ETo haritasını belirlemek için enterpolasyonu iki yolla yapmışlardır. İlk yolda, Penman-Monteith denklemine dâhil edilen faktörlerin enterpolasyonu ve ardından elde edilen verilerden ETo'nun hesaplamasını kullanmışlar, ikinci yolda ise önerilen 23 istasyonun ETo değerlerinin enterpolasyonunu

gerçekleştirmişlerdir. En yüksek ETo'nun Temmuz ayında, en düşük ETo'nın ise Ocak ayında gerçekleştiği sonucunda varmışlardır. Penman-Monteith yöntemine göre Irak'ta ETo'u en çok etkileyen meteorolojik etkenin sıcaklık olduğu bulunmuştur.

Arabi (2021), Marmara Bölgesinde yapmış olduğu çalışmada referans bitki su tüketiminin alansal ve zamansal değişimini incelemiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden almış olduğu 1990-2020 yılları arasındaki aylık iklim verilerini Penman-Monteith denkleminin de yardımıyla ETo değerlerini bulmuştur. ETo eğilimlerini parametrik olmayan Mann-Kendal ve Sen yöntemini kullanarak ETo eğilimlerini tespit etmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre yıllık toplam ETo değerleri 742.3-1440.7 mm arasında değişim göstermiştir. Yıllık ortalama ETo haritası değerlendirildiğinde Marmara Bölgesi'nin batı kesimlerinde ETo yüksek değerlere ulaşmış, bölgenin kuzey kesimlerinde ve doğusunda ETo değerleri düşük olarak bulunmuştur.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu çalışmada, Orta Karadeniz Bölgesinde Samsun, Amasya, Tokat, Çorum ve Ordu illerindeki meteoroloji istasyonlarında 1984-2019 yılları arasında ölçülen iklim parametreleri materyal olarak kullanılmıştır. Çalışma alanı (Orta Karadeniz Bölgesi), coğrafik olarak Karadeniz Bölgesi'nin orta kesiminde bulunmaktadır. Bölge Melet çayından Sinop'un doğusuna kadar uzanır. Orta Karadeniz Bölgesi, Doğu Karadeniz bölümüne ve güneye doğru daha fazla sokularak Tokat ve Çorum illerinin büyük bölümleri ile Amasya ilinin tamamını içine alır. Yer şekilleri doğu ve batı Karadeniz'e göre daha sadedir. Dağların yükseltisi azalmış ve dağlar içeriye doğru çekilmiş durumdadır. Bunun sonucunda tarım alanları ve ulaşım çok gelişmiştir. Orta Karadeniz Bölgesi, Karadeniz Bölgesi'nin en az yağış alan ve denize yakın kısımlar ile iç kesimler arasındaki yağış farklılığının en az olduğu bölümdür. Dağları kıyıya paralel uzanır. Başlıca dağları Canik Dağları, Akdağ ve Kocadağ'dır.

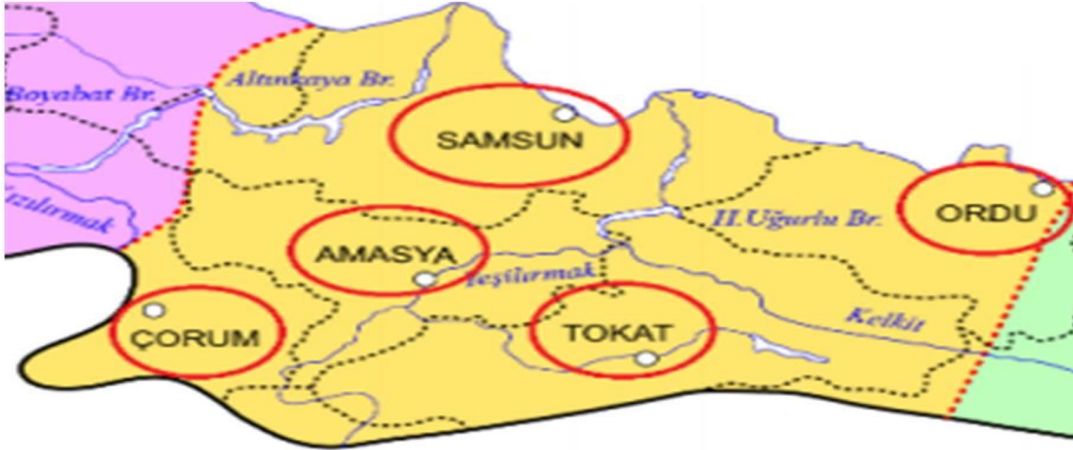
Orta Karadeniz Bölgesinde tarım alanları daha fazladır. Yeşilırmak, Kızılırmak ve Kelkit Çayı'nın aşağı kesimleri buradadır. Kızılırmak'ın denize döküldüğü kesimde Bafra, Yeşilırmak'ın denize döküldüğü kesimde Çarşamba delta ovalarını oluşturmuşlardır. Ayrıca iç kesimlerde Suluova, Niksar, Erbaa, Kazova ve Merzifon ovaları yer alır.

Bölgede yükseltinin azalması yağış azalmasına da yol açar ve dolayısıyla orman örtüsü fazla yer işgal etmez. Orta Karadeniz bölgesinin kıyı kuşağında Batı ve Orta Karadeniz'in aşırı yağışlarına rastlanmaz. Bu yüzden bölgenin tektonik depresyonlarının denize yakın olanlarında bile Orta Anadolu steplerini andıran bir manzara ile karşılaşılır. Sıcaklık bakımından da Orta Karadeniz, Karadeniz bölgesinin diğer alt bölgelerinden farklıdır. Burası kışın Batı Karadeniz'den biraz daha sıcak, fakat Orta Anadolu'da oluşan serin hava kitlelerinin zaman zaman sahile sokulması sebebiyle Doğu Karadeniz'den daha serindir. Yine bu yüzden yaz mevsimi Batı ve Doğu Karadeniz'e nazaran daha sıcak ve az yağışlı geçer. Orta Karadeniz Bölgesindeki

yerleşmelerin dağılım düzeni ve nüfus yoğunlukları, Doğu ve Batı Karadeniz bölgelerinden farklı bir durum gösterir. Bu bölgedeki jeomorfolojik yapı ve yükselti yerleşmeleri sadece kıyı kuşağında hapsedmeyip, homojen olarak her tarafa yayılmalarını sağlamıştır. Kıyı kuşağındaki Perşembe Yarımadası, Çarşamba ve Bafra Ovaları ile bu iki ova arasında yer alan dar saha (Samsun'un bulunduğu alan) ile Canik Dağları güneyindeki tektonik depresyonlar yoğun yerleşim alanı durumundadırlar. Karadeniz Bölgesinin Batı, Orta ve Doğu Karadeniz bölümleri Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Karadeniz Bölgesi Haritası



Şekil 3.2. Orta Karadeniz Bölgesi Haritası

3.1.1. Mevsimsel ve yıllık referans bitki su tüketim serilerinin elde edilmesi

Çalışmada her ay için hesaplanan ETo değerlerinin mevsimsel olarak göstermiş olduğu değişimi saptamak için Ocak-Mart (M-I), Nisan-Haziran (M-II), Temmuz-Eylül (M-III) ve Ekim-Aralık (M-IV) aylarına ait ETo değerleri toplanarak her istasyon için dört farklı seri oluşturulmuş ve analizler bu serilere göre yapılmıştır. Ayrıca yıllık ETo değerlerindeki değişimi belirlemek için de Ocak-Aralık dönemini kapsayan on iki ayın aylık ETo değerleri toplanarak yıllık seriler oluşturulmuştur.

3.1.2. İstasyon bilgileri

Türkiye’de hidrolojik ve meteorolojik gözlemler Devlet Su İşleri ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır. Çalışma alanı olarak seçilen Orta Karadeniz Bölgesinde Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait toplam 5 istasyondan faydalanılarak Orta Karadeniz Bölgesindeki Referans Bitki Su Tüketimindeki değişkenliğin saptanmasında bu istasyon verileri kullanılmıştır. Homojenliği sağlanan 5 adet gözlem istasyonunun; istasyon bilgileri Çizelge 3.1’de belirtilmiştir.

Çizelge 3.1. Orta Karadeniz Bölgesindeki Meteoroloji Genel Müdürlüğü istasyonlarına ait bilgiler

İstasyon Kodu	İstasyon Adı	Enlem (E)	Boylam (B)	Yükseklik (m)	Gözlem Aralığı	Yıllık Ortalama Bitki Su Tüketimi(mm)
17084	Çorum	38° 27'	39° 14'	776	1984-2019	989.50
17086	Tokat	36° 43'	40° 19'	611	1984-2019	1131.02
17085	Amasya	35° 51'	40° 39'	409	1984-2019	1064.89
17033	Ordu	37° 53'	41° 00'	5	1984-2019	818.03
17030	Samsun	36° 20'	41° 17'	4	1984-2019	824.42

3.2 Yöntem

Çalışmada göz önüne alınan illerin gözlem süresi boyunca ölçülen iklim parametreleri dikkate alınarak Allen ve ark., (1998)'de verilen FAO Penman-Monteith ilişkisine (Eşitlik 1) göre referans bitki su tüketimi (ET_o) değerleri hesaplanmıştır. Çalışmada ET_o serilerindeki değişimin analizi ile ilgili izlenecek yöntemler aşağıda açıklanmıştır. Hesaplamalarda meteorolojik verilerden aylık ortalamalar şeklinde maksimum ve minimum sıcaklıklar, maksimum ve minimum bağıl nem değerleri, güneş radyasyonu ve rüzgâr hızı verileri kullanılmış ve atmosferin buharlaşma talebini gösteren referans bitki su tüketimi (ET_o) hesaplanmıştır. Hesaplamalarda Microsoft Office Excel programı kullanılmıştır.

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)} \quad (1)$$

Eşitlikte;

ET_o : Refereans bitki su tüketimi (mm/gün),

R_n : Bitki yüzeyindeki net radyasyon (MJ m⁻² gün⁻¹),

G : Toprak ısı akış yoğunluğu (MJ m⁻² gün⁻¹),

T : 2 metre yükseklikte ortalama günlük hava sıcaklığı (°C),

U₂ : 2 metre yükseklikte rüzgar hızı (m/s),

e_s : Doygun buhar basıncı (kPa),

- e_a : Gerçek buhar basıncı (kPa),
 $e_s - e_a$: Doygun buhar basıncı açığı (kPa),
 Δ : Buhar basıncı eğrisinin eğimi ($\text{kPa}^\circ\text{C}^{-1}$),
 γ : Psikrometrik sabit ($\text{kPa}^\circ\text{C}^{-1}$).

3.2.1 Meteorolojik verilerde homojenliğin araştırılması

Bir gözlem istasyonunun yerinin değiştirilmesi, istasyon yakınına çeşitli tesislerin yapılması veya mevcut tesislerin ortadan kaldırılması, havzadaki arazi kullanımında meydana gelen değişiklikler, arazinin ağaçlandırılması veya doğal afetler, beşerî faktörlerin etkisiyle meydana gelen değişimler, gözlem yöntemlerindeki farklılıklar gibi çok sayıdaki faktör, meteorolojik verilerin homojenliğini bozmaktadır. Bu faktörlerden dolayı meteorolojik çalışmalarda veriye herhangi bir işlem uygulamadan önce ilk olarak veri homojenliğinin test edilmesi gerekmektedir. Mevcut verinin istenen homojenlik koşulunu sağlayıp sağlamadığının saptanmasında parametrik ve parametrik olmayan yaklaşımlar kullanılmaktadır.

3.2.1.1 Mann-Whitney U testi

Parametrik yaklaşımlarda mevcut verinin belli bir dağılıma uyma koşulunun aranmasından dolayı bu çalışma verilerin homojenlik koşulunun araştırılmasında yaygın olarak tercih edilen parametrik olmayan Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Wilcoxon sıralar testi olarak da bilinen MWU testi, belirli bir dağılımı olmayan tek bir sıralı değişken üzerindeki iki grup arasındaki farkları test etmektedir (Mann ve Whitney, 1947; Wilcoxon, 1945). Bu test, iki veri setinin medyanları arasındaki farkı analiz etmek için kullanılmaktadır. Bu testin matematiksel ilişkisi aşağıdaki eşitliklerde verilmiştir (Nachar, 2008).

$$U_x = n_x n_y + \left(\frac{n_x(n_x+1)}{2} \right) - R_x \quad (2)$$

$$U_y = n_x n_y + \left(\frac{n_y(n_y+1)}{2} \right) - R_y \quad (3)$$

n_x ve n_y , iki gruba ayrılan verinin her bir gruptaki gözlem sayısını, R_x ve R_y her gruptaki rankların toplamını ifade etmektedir. Eşitlik 2 ve 3 de verilen U değerlerinin yaklaşık normal dağıldığı kabul edilmektedir. Mann-Whitney istatistiği olarak belirtilen (Z_U) değeri aşağıda verilen Eşitlik 4 ile elde edilmektedir.

$$Z_U = (U - \mu_U) / \sigma_U \quad (4)$$

Verilen eşitlikteki μ_U ve σ_U , U değerinin ortalama ve standart sapmasıdır. Bu parametreler Eşitlik 5 ve 6'dan elde edilmiştir.

$$\mu_U = (n_x n_y) / 2 \quad (5)$$

$$\sigma_U = \left[\left((n_x n_y) (N + 1) \right) / 12 \right]^{1/2} \quad (6)$$

3.2.1.2 Levene ve t testi

Grup varyanslarının ve ortalamalarının homojenliğini test etmede Levene ve t testi kullanılır. Levene testi iki ve daha fazla grup olduğunda kullanılan bir testtir. Aşağıda verilen Eşitlik 7'den faydalanılarak Levene testi sonucunda bulunan LW değerinin ihtimal (olasılık) değerine bakılır. Bu değer 0.05'ten büyükse varyanslar arasında fark yoktur şeklinde değerlendirilir. T testi iki grup verinin ortalamaları arasında belirgin bir fark olup olmadığını istatikselsel olarak belirleyen yaklaşımdır. Bu test verinin normal dağılım göstermesi durumunda kullanılabilmektedir. Aşağıda verilen Eşitlik 8' den faydalanılarak t testi sonucunda bulunan t_{test} değerinin ihtimaline (p) bakılır, p değeri 0.05'ten büyükse ortalamalar değerler arasında fark yoktur, şeklinde değerlendirilir. Eğer iki testin sonuçlarının test değerlerinin ihtimali 0.05'den küçük çıkarsa, çift birikimli eğri yöntemi ile verinin homojenliği gerçekleştirilir.

$$LW = \frac{(N-k) \sum_{i=1}^k n_i (\bar{Z}_i - \bar{Z})^2}{(k-1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Z_{ij} - \bar{Z})^2} \quad (7)$$

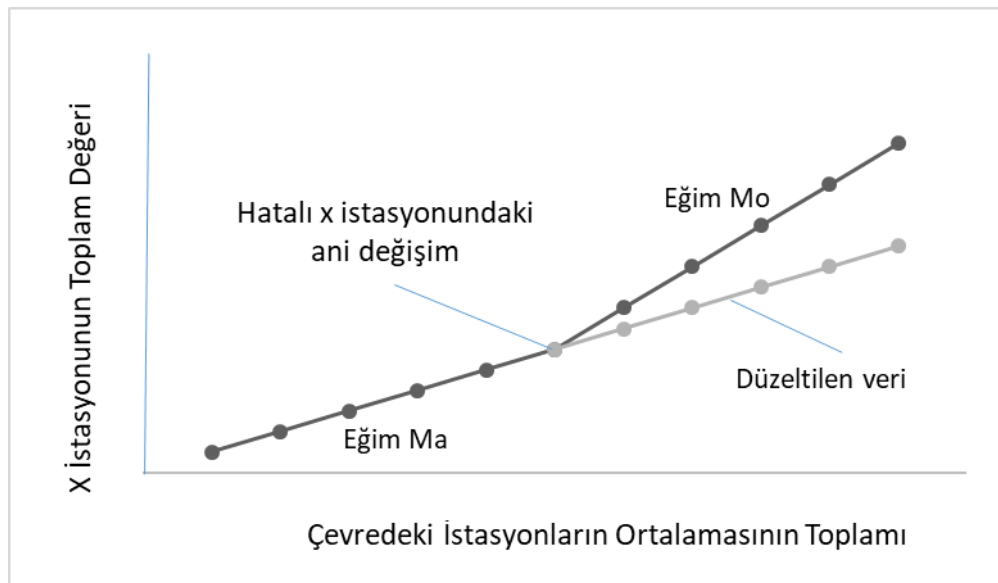
Eşitlik 7’de N_i serinin gözlem sayısı, n_i N gözlem sayılı seriden elde edilen i . Grubun gözlem sayısı, k grup sayısı, $\bar{X}_i$ i . grubun ortalaması, $\bar{Z}_i$ Z_i ’nin ortalaması. Z gruplar için elde edilen tüm Z_i ’lerin ortalamasını ifade eder.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \sim t(sd: n_1 + n_2 - 2; \alpha) \quad (8)$$

Eşitlik 8’de $\bar{x}_1$ ve $\bar{x}_2$; birinci ve ikinci grubun ortalamalarını, s_1^2 ve s_2^2 birinci ve ikinci grubun varyanslarını, n veri sayısını, sd serbestlik derecesini ifade etmektedir.

3.2.1.3 Çift birikimli eğri yöntemi

Çift birikimli eğri analizi meteorolojik veya hidrolojik verilerin, uzun vadeli sistematik kaymasını tespit etmek amacıyla kullanılır. Meteorolojik veya hidrolojik verilerde, çevresel veya aletsel okuma hataları nedeniyle gözlenen tutarsızlıklar belirlenerek çift birikimli eğri yöntemiyle düzeltilmektedir. Homojen olmayan istasyon verisi ile en yakın istasyonlardaki veriler ile kontrol edilerek kırılma noktası belirlenir. Eğer eğimde bir değişme varsa bu zaman noktasından daha önceki ölçümler, yeni ölçümlere göre hatalı sayılıp düzeltilir.



Şekil 3.3. Çift birikimli eğri yöntemi grafiği

Şekil 3.3’de görülen kırılma o istasyonun meteoroloji verilerinde bir anormallik olduğunu anlatır. Dolayısıyla burada görülen kırılma sistematik bir hatadan gelmektedir ve eğim değişikliğinden sonraki değerler eski eğimin uzantısına getirilmelidir. Kırılmadan sonraki hatalı değerler grafikteki doğruların eğimlerinin oranı ile aşağıdaki denklem kullanılarak düzeltilir.

$$P_{düzeltilen} = \frac{M_a}{M_o} P_{gözlenen} \quad (9)$$

Burada M_a son kısmın eğimini, M_o düzeltme yapılan kısmın eğimini gösterir. Çift toplam eğrisi analizi hidro-meteorolojik verilerdeki hataların düzeltilerek homojen hale getirilmesi için literatürde sıkça kullanılmaktadır.

3.2.2 Referans bitki su tüketimindeki değişimin analizi

3.2.2.1 Spearman Rho testi

İki gözlem serisi arasında istatistiki anlamda önemli bir korelasyonun varlığını araştıran bu test, hidro-meteorolojik değişkenlerdeki doğrusal trendin saptanmasında yaygın olarak kullanılan parametrik olmayan bir yaklaşımdır. Bu test Orta Karadeniz Bölgesi için oluşturulan mevsimsel ve yıllık ETo serilerine aşağıda açıklandığı şekilde uygulanmıştır (Chiew ve Sriwardena, 2005).

- Bu yöntemle ait test istatistiği olan ρ_s aşağıdaki ilişkiden saptanır.

$$\rho_s = \frac{S_{Rxy}}{[(S_{Rx})(S_{Ry})]^{0.5}} \quad (10)$$

- Çalışmada kullanılacak N gözlem sayılı kronolojik verinin ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$) her bir gözlem değerinin sıra sayısı ya da rankı (Rx_i), bu verinin artan dizilimindeki sıra sayısı olarak belirlenir. Kronolojik serinin ranklarına bağlı olarak S_{Rx} değeri aşağıdaki ilişkiden belirlenir.

$$S_{Rx} = \sum_{i=1}^N (R_{xi} - \bar{R}_{xi})^2 \quad (11)$$

- Kronolojik verinin artan dizisinin ($y_1, y_2, y_3, \dots, y_N$) S_{Ry} değeri ise Eşitlik 12' deki benzer şekilde elde edilir.

$$S_{Ry} = \sum_{i=1}^N (R_{yi} - \bar{R}_{yi})^2 \quad (12)$$

- Eşitlik 10'daki S_{Rxy} değeri de aşağıdaki ilişkiden saptanır.

$$S_{Rxy} = \sum_{i=1}^N (R_{xi} - \bar{R}_{xi})(R_{yi} - \bar{R}_{yi}) \quad (13)$$

Eşitlik 10'da elde edilen “ ρ_s ” istatistiğinin $(N-1)^{0.5}$ ile çarpımının, büyük örneklerde ($N>30$), yaklaşık olarak standart normal dağılıma uyduğu belirtilmiştir. Bu anlamda çalışmada kullanılan verideki doğrusal trendin varlığı hakkında yorum yapmak için $(\rho_s) \times (N-1)^{0.5}$ çarpım değeri $\alpha=0.5$ güven sınırındaki standart normal dağılımın kritik değeri (± 1.96) ile karşılaştırılır. Çarpımın sonucunun mutlak değerce kritik değerden daha büyük olması durumunda veride trendin olduğuna karar verilir.

3.2.2.2 Mann-Kendall testi

Parametrik olmayan Mann-Kandall testi serilerdeki eğilimi belirlemek için kullanılmaktadır. (Mann, 1945; Kendall, 1975). Bir veri örneğinin seri olarak bağımsız olduğunu ve aynı şekilde dağıldığını varsayan sıfır hipotezine dayanmaktadır. Test, verinin belirli bir dağılımını varsaymaz ve her bir değeri sonraki periyotlarda ölçülen tüm değerlerle karşılaştırmaktadır. Mann-Kendall testi aşağıdaki ilişkide açıklanmıştır. (Ünlükara ve ark., 2010)

$$u_c = \frac{S+m}{\sqrt{V(S)}} \quad (14)$$

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n z_k \quad (15)$$

$$z_k = 1 \quad \text{if } x_j > x_i$$

$$z_k = 0 \quad \text{if } x_j = x_i$$

$$z_k = 1 \quad \text{if } x_j < x_i$$

$$V(S) = 18^{-1}(n^2 - n)(2n + 5) - \sum_{i=1}^t e_i (e_i - 1)(2e_i + 5) \quad (16)$$

$$m = 1 \quad \text{if } S < 0$$

$$m = 0 \quad \text{if } S = 0$$

$$m = -1 \quad \text{if } S > 0$$

Serilerde trendin varlığını belirlemek için Eşitlik 14’de verilen u_c değerinin standart normal dağılım kritik tablo değeri ile (± 1.96) karşılaştırılması gerekmektedir. Hesaplanan u_c değeri bu kritik değer arasında kalıyor ise göz önüne alınan seride trendin olmadığına karar verilir. Yani veride artan veya azalan yönde herhangi bir değişimden söz edilemez. Aksi durumda hesaplanan u_c değeri kritik değerin üzerinde ise seride trendin varlığından söz edilir. Mann-Kendall yönteminin test istatistiği, u_c değeri mutlak değerce (+) veya (-) olması durumuna göre veride artan veya azalan bir değişimden söz edilir.

3.2.2.3 Lineer regresyon testi

Regresyon analizi, X ve Y gibi iki değişken ya da daha fazla değişken arasında sebep sonuç ilişkisini analiz etmek ve trendin varlığını ortaya çıkarmak için kullanılmaktadır. (Şahinler, 2000). Lineer Regresyon testi verilerin normal dağıldığını varsayan parametrik bir testtir. Bu amaçla bu yöntemin uygulanmasından önce veriye normalite testi yapılmalıdır. X ve Y değişkenleri arasındaki ilişkiyi ve doğrusal bir trendin var olup olmadığını test etmektedir. Doğrusal regresyonun oluşturulmasında X ve Y değişkenlerinin saçılma grafiği oluşturularak noktaları temsil eden doğru, en küçük kareler yöntemine göre belirlenmekte ve daha sonra bu doğrunun eğimi aşağıda verilen Eşitlik 17’ de ki ilişki ile elde edilmektedir.

$$y_i = b_o + ax_i \quad (17)$$

Eşitlikte b_0 doğrunun ordinatı kestiği noktayı, α ise doğrunun eğimini göstermektedir. Doğrusal regresyon yöntemi ile trendin ortaya çıkarılması, bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişken (x) arasındaki korelasyona dayanmaktadır. Bağımlı değişken bağımsız değişkene göre elde edilmektedir. Doğrusal regresyonun oluşturulmasında X ve Y değişkenlerinin saçılma grafiği oluşturularak noktaları temsil eden doğru en küçük kareler yöntemine göre belirlenir. Hidro-meteorolojik n uzunluktaki bir gözlem serisi için $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$, saçılma grafiğinden elde edilen doğrunun ve doğrusal regresyon trend testinin ilişkileri aşağıda verildiği şekildedir (Jaiswal ve ark., 2015).

$$y = a + b x \quad (19)$$

$$a = \bar{y} - b \bar{x} \quad (20)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (21)$$

$$S_{lrm} = \frac{b}{\sigma} \quad (22)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{12 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2}{n(n-2)(n^2-1)}} \quad (23)$$

Yukarıda verilen ilişkilerde, y, a, b ve S_{lrm} parametreleri sırasıyla, doğrunun eşitliği, doğrunun ordinatı kestiği nokta, doğrunun eğimi ve test istatistik değeridir. Eşitlik 22'den elde edilen test istatistiği, n-2 serbestlik dereceli t dağılımına uymaktadır. Bu nedenle hesaplanan test istatistik değeri t dağılımının tablo değeri ile karşılaştırılır. Doğrusal regresyon yöntemiyle ilgili " H_0 " hipotezi veride trend yoktur şeklinde kurulurken, alternatif hipotez " H_1 " veride trend vardır şeklinde oluşturulur. Veride trend yoktur şeklinde kurulan hipotezin kabulü için hesaplanan test istatistik değeri, t dağılımının %5 önem seviyesi için elde edilen mutlak tablo değerinden daha küçük olması gerekir.

3.2.2.4. Yenilikçi trend analizi (YTA)

Şen (2012) de önerilen bu yaklaşıma göre eldeki verinin hangi dağılıma uyduğu göz önüne alınmadan mevcut veri iki kısma ayrılır ve artan dizilimleri yapılır. Artan dizilimi yapılmış iki veri grubu birbirlerine karşı dik koordinat sisteminde, 1:1 ya da 45° eğimli doğruya göre konumlandırılır. Böylece konumlanmış olan verilerin 1:1 doğrusunun üzerinde, altında ve üst tarafında kalması durumuna göre verideki değişim yorumlanır. Konumlanmış veriler doğru üzerinde olursa, veride bir değişimin olmadığına, doğrunun altına düşerse, veride azalan bir değişimin olduğuna, doğrunun üstüne düşerse, veride artan yönde bir eğilimin olduğuna karar verilir. Şen (2017)'de bu testin istatistiki önem testini ortaya konulmuştur. Bu testin istatistiki olarak önemli olup olmadığına kararı alt serilerinin ortalamalarının karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Bu amaçla göz önüne alınan verinin hesaplanan eğim değeri (S_{cal}) ile kritik eğim (S_{crit}) değerleri karşılaştırılarak verideki değişimin istatistiki olarak önemli olup olmadığına karar verilir. Hesaplanan eğim değeri aşağıda verilen ilişkide belirlenir.

$$S_{cal} = \frac{2(\bar{y}_2 - \bar{y}_1)}{n} \quad (24)$$

Eşitlikteki $\bar{y}_1$ ve $\bar{y}_2$ orjinal verinin iki kısma ayrılmış serilerinin ortalamalarıdır. “n” ise gözlem sayısını belirtmektedir. Hesaplanan eğimin standart sapması (σ_s) aşağıda verilen ilişki ile hesaplanmaktadır.

$$\sigma_s = \frac{2\sqrt{2}}{n\sqrt{n}} \sigma \sqrt{1 - \rho_{\bar{y}_1\bar{y}_2}} \quad (25)$$

Eşitlikteki “ $\rho_{\bar{y}_1\bar{y}_2}$ ” ve “ σ ”, sırasıyla korelasyon katsayısı ve orjinal verinin standart sapmasını belirtmektedir. Hesaplanan eğimin %5 önem seviyesinde güven aralığı aşağıdaki ilişki ile elde edilir.

$$CI_{(1-\alpha)} = 0 \pm S_{crit} \sigma_s \quad (26)$$

Yukarıdaki eşitliklerde “S_{crit}” değeri standart normal dağılım tablosundan %5 önem seviyesi için elde edilen ± 1.960 değerine eşittir.

3.2.2.5. Theil-Sen’in trend eğim testi

Gözlemlerdeki trendin yönünü belirlemek için Theil-Sen eğim metodu (Sen, 1968; Theil, 1950) yaygın olarak kullanılmaktadır. Eğer doğrusal bir gidiş mevcut ise gerçek eğim için veri hatalarından veya ekstrem değerlerden etkilenmeyen, eksik değerlerin bulunduğu kayıtlara uygulanabilen parametrik olmayan bir yöntem kullanılabilir (Yue ve arkadaşları, 1993). Gözlem sayısı n olan bir seri için N çift Q_i değeri elde edilir. Bu eşitlikteki $j > k$ olmak şartı ile x_j ve x_k serideki gözlemleri belirtmektedir.

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k}, (i = 1, \dots, N) \quad (27)$$

Denklem 28’den elde edilen N çift Q_i değerlerinin medyanı N değerinin tek ve çift olmasına göre aşağıdaki ilişkiden hesaplanır. Bu bağıntı yardımı ile tüm Q_i değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır. N sayısının tek olması durumunda Denklem 28 eşitliği, çift olması durumunda ise Denklem 29 eşitliği kullanılarak ilgili gözlemlerin birim zamandaki değişimi bulunur.

$$Q_{medyan} = Q_{(N+1)/2} \quad (28)$$

$$Q_{medyan} = \frac{|Q_{(N)/2} + Q_{(N+2)/2}|}{2} \quad (29)$$

Denklem 28 ve 29’dan elde edilen değer pozitif olması artan yönde, negatif olması ise azalan yönde bir eğilimin olduğunu gösterir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu bölümde Orta Karadeniz Bölgesi'nde (OKB) göz önüne alınan meteoroloji istasyonlarının 1984-2019 yıllarında ölçülen iklim verilerine bağlı olarak Penman-Monteith (PM) ilişkisinden tahmin edilen ETo verilerinin normallik ve homojenlik analizi sonuçları ile homojen ETo verilerine uygulanan trend analiz sonuçları bulunmaktadır.

4.1 Normalite Sonuçları

Aylık, mevsimsel ve yıllık ETo verilerinin normallik analizi, SPSS programıyla Shapiro-Wilk testi ile gerçekleştirilmiştir. İstasyonların normalite test sonuçları Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'de verilmiştir. Veri sayısının fazla olduğu durumlarda Shapiro-Wilk testi normalite analizi için daha uygun sonuçlar vermektedir. Shapiro-Wilk test istatistik değerinin olasılığı %5 önem seviyesinden daha küçük olduğu durumlarda verinin normal dağılım göstermediğine karar verilir. Bu durumda bu verilerin homojenlik analizi parametrik olmayan yaklaşımlar ile gerçekleştirilir. Çalışmada normallik göstermeyen verilerin homojenlik analizi parametrik olmayan Mann-Whitney U testine göre yapılmıştır. Normallik analizi sonuçlarının verildiği çizelgelerde homojenlik analizi için hangi yaklaşımların kullanılacağı belirtilmiştir. MWU testine göre hesaplanan Z değerinin, standart normal dağılımın %5 önem seviyesindeki karşılığı olan kritik değerden (± 1.96) mutlak değerce daha küçük olması durumunda ilgili ETo verisinin homojen olduğuna karar verilir. Diğer taraftan normalite test sonuçlarına göre normal dağılım gösterdiğine karar verilen ETo verilerinin homojenlik analizi Levene ve t-test ile analiz edilmiştir. Homojen olmayan verilere çift birikimli eğri uygulanarak homojen hale getirilmiştir.

Çizelge 4.1. Çorum Shapiro-Wilk normalite testi sonuçları

Seriler	Statistic	df	Sig.	Homojenlik İçin Uygulanacak Test
Ocak	0.935	36	0.979	Levene ve t-test
Şubat	0.950	36	0.053	Levene ve t-test
Mart	0.980	36	0.897	Levene ve t-test
Nisan	0.984	36	0.246	Levene ve t-test
Mayıs	0.974	36	0.781	Levene ve t-test
Haziran	0.959	36	0.590	Levene ve t-test
Temmuz	0.976	36	0.401	Levene ve t-test
Ağustos	0.973	36	0.418	Levene ve t-test
Eylül	0.971	36	0.150	Levene ve t-test
Ekim	0.963	36	0.634	Levene ve t-test
Kasım	0.967	36	0.424	Levene ve t-test
Aralık	0.980	36	0.329	Levene ve t-test
M-I	0.970	36	0.696	Levene ve t-test
M-II	0.955	36	0.281	Levene ve t-test
M-III	0.975	36	0.503	Levene ve t-test
M-IV	0.913	36	0.464	Levene ve t-test
Yıllık	0.973	36	0.297	Levene ve t-test

Çorum ili için normallik testi sonuçları incelendiğinde tüm ETo serileri normal dağılım göstermiştir. Verilerin homojenliği Levene ve t-test ile kontrol edilmiştir.

Çizelge 4.2. Tokat Shapiro-Wilk normalite testi sonuçları

Seriler	Statistic	df	Sig.	Homojenlik İçin Uygulanacak Test
Ocak	0.982	36	0.825	Levene ve t-test
Şubat	0.969	36	0.393	Levene ve t-test
Mart	0.984	36	0.879	Levene ve t-test
Nisan	0.954	36	0.141	Levene ve t-test
Mayıs	0.984	36	0.871	Levene ve t-test
Haziran	0.970	36	0.423	Levene ve t-test
Temmuz	0.988	36	0.951	Levene ve t-test
Ağustos	0.965	36	0.308	Levene ve t-test
Eylül	0.986	36	0.909	Levene ve t-test
Ekim	0.959	36	0.201	Levene ve t-test
Kasım	0.973	36	0.521	Levene ve t-test
Aralık	0.970	36	0.415	Levene ve t-test
M-I	0.982	36	0.822	Levene ve t-test
M-II	0.964	36	0.284	Levene ve t-test
M-III	0.960	36	0.210	Levene ve t-test
M-IV	0.981	36	0.785	Levene ve t-test
Yıllık	0.951	36	0.109	Levene ve t-test

Tokat ili için normalite testi sonuçları incelendiğinde tüm ETo serileri normal dağılım göstermiştir. Verilerin homojenliği Levene ve t-test ile kontrol edilmiştir.

Çizelge 4.3. Amasya Shapiro-Wilk normalite testi sonuçları

Seriler	Statistic	df	Sig.	Homojenlik İçin Uygulanacak Test
Ocak	0.945	36	0.614	Levene ve t-test
Şubat	0.971	36	0.874	Levene ve t-test
Mart	0.980	36	0.371	Levene ve t-test
Nisan	0.961	36	0.004	Man-Whitney U
Mayıs	0.962	36	0.997	Levene ve t-test
Haziran	0.942	36	0.805	Levene ve t-test
Temmuz	0.820	36	0.596	Levene ve t-test
Ağustos	0.847	36	0.054	Levene ve t-test
Eylül	0.878	36	0.181	Levene ve t-test
Ekim	0.973	36	0.793	Levene ve t-test
Kasım	0.445	36	0.069	Levene ve t-test
Aralık	0.902	36	0.184	Levene ve t-test
M-I	0.971	36	0.010	Man-Whitney U
M-II	0.850	36	0.001	Man-Whitney U
M-III	0.782	36	0.038	Man-Whitney U
M-IV	0.662	36	0.348	Levene ve t-test
Yıllık	0.812	36	0.002	Man-Whitney U

Amasya ili için normallik testi sonuçları incelendiğinde Nisan ayında, M-I, M-II, M-III mevsimlerinde ve yıllık serilerinde veriler normal dağılım göstermemektedir. Bu serilerin Mann-Whitney U testi ile homojenliği kontrol edilmiştir. Diğer seriler normal dağılım göstermiş ve homojenliği Levene ve t-test ile kontrol edilmiştir.

Çizelge 4.4. Ordu Shapiro-Wilk normalite testi sonuçları

Seriler	Statistic	df	Sig.	Homojenlik İçin Uygulanacak Test
Ocak	0.914	36	0.008	Man-Whitney U
Şubat	0.810	36	0.000	Man-Whitney U
Mart	0.980	36	0.753	Levene ve t-test
Nisan	0.976	36	0.599	Levene ve t-test
Mayıs	0.943	36	0.062	Levene ve t-test
Haziran	0.967	36	0.343	Levene ve t-test
Temmuz	0.959	36	0.199	Levene ve t-test
Ağustos	0.979	36	0.715	Levene ve t-test
Eylül	0.960	36	0.220	Levene ve t-test
Ekim	0.969	36	0.397	Levene ve t-test
Kasım	0.590	36	0.000	Man-Whitney U
Aralık	0.577	36	0.000	Man-Whitney U
M-I	0.968	36	0.378	Levene ve t-test
M-II	0.958	36	0.185	Levene ve t-test
M-III	0.923	36	0.016	Man-Whitney U
M-IV	0.742	36	0.000	Man-Whitney U
Yıllık	0.978	36	0.682	Levene ve t-test

Ordu ili için normalite testi sonuçları incelendiğinde; Ocak, Şubat, Kasım ve Aralık aylarında, M-III ve M-IV mevsim serilerinde veriler normal dağılım göstermemektedir. Bu serilerin Mann-Whitney U testi ile homojenliği kontrol edilmiştir. Diğer seriler normal dağılım göstermiş ve homojenliği Levene ve t-test ile kontrol edilmiştir.

Çizelge 4.5. Samsun Shapiro-Wilk normalite testi sonuçları

Seriler	Statistic	df	Sig.	Homojenlik İçin Uygulanacak Test
Ocak	0.923	36	0.016	Man-Whitney U
Şubat	0.927	36	0.020	Man-Whitney U
Mart	0.965	36	0.304	Levene ve t-test
Nisan	0.974	36	0.548	Levene ve t-test
Mayıs	0.957	36	0.172	Levene ve t-test
Haziran	0.877	36	0.001	Man-Whitney U
Temmuz	0.793	36	0.000	Man-Whitney U
Ağustos	0.826	36	0.000	Man-Whitney U
Eylül	0.890	36	0.002	Man-Whitney U
Ekim	0.967	36	0.346	Levene ve t-test
Kasım	0.937	36	0.040	Man-Whitney U
Aralık	0.873	36	0.001	Man-Whitney U
M-I	0.918	36	0.011	Man-Whitney U
M-II	0.866	36	0.000	Man-Whitney U
M-III	0.768	36	0.000	Man-Whitney U
M-IV	0.817	36	0.000	Man-Whitney U
Yıllık	0.815	36	0.000	Man-Whitney U

Samsun ili için normallik testi sonuçları incelendiğinde; Ocak, Şubat, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Kasım ve Aralık aylarında, M-I, M-II, M-III ve M-IV ve yıllık serilerinde veriler normal dağılım göstermemektedir. Bu ayların ve serilerin Mann-Whitney U testi ile homojenliği kontrol edilmiştir. Diğer seriler normal dağılım göstermiş ve homojenliği Levene ve t-test ile kontrol edilmiştir.

4.2 Homojenlik Analizi Sonuçları

Verilerin normallik test sonuçlarına göre Mann-Whitney U, Levene ve t testine göre verilerin homojen olup olmadığı incelenmiştir. Test sonuçları Çizelge 4.6 ve 4.7’de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Çizelge 4.6. Mann-Whitney U testi sonuçları (Z değerleri)

Seriler		Çorum	Tokat	Amasya	Ordu	Samsun
Aylık	Ocak				-0.522	-1.803
	Şubat				-0.411	-1.708
	Mart					
	Nisan			-1.266		
	Mayıs					
	Haziran					-1.629
	Temmuz					-0.285
	Ağustos					-0.095
	Eylül					-0.569
	Ekim					
	Kasım				-0.490	-2.151*
	Aralık				-0.443	-1.139
Mevsimlik	M-I			-1.898		-1.803
	M-II			-1.803		-1.424
	M-III			-1.867	-1.408	-0.063
	M-IV				-0.664	-2.025*
Yıllık				-1.835		-0.601

* ± 1.96 dışında kalan değerler

Çizelge 4.6 incelendiğinde Shapiro-Wilk testine göre normal çıkmayan verilere MWU testi uygulandığında, Samsun ilinin Kasım ayında ve M-IV serisinde homojen olmadığı tespit edilmiştir. Homojen olmayan bu veriler çift birikimli eğri yöntemi ile homojen hale getirilmiştir.

Çizelge 4.7 incelendiğinde Shapiro-Wilk testinde normal çıkan verilere Levene ve t testi uygulandığında, Tokat ilinin Nisan, Mayıs, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim aylarında, M-II ve M-III serilerinin t testi sonuçları, yıllık serinin Levene ve t testinde, Amasya ilinin Temmuz, Ağustos aylarında t testinde, Eylül ayında ise Levene testinde, Samsun

ilinin Ekim ayında Levene testi sonuçlarına göre homojen olmadığı görülmektedir. Homojen olmayan bu veriler çift birikimli eğri yöntemi ile homojen hale getirilmiştir.

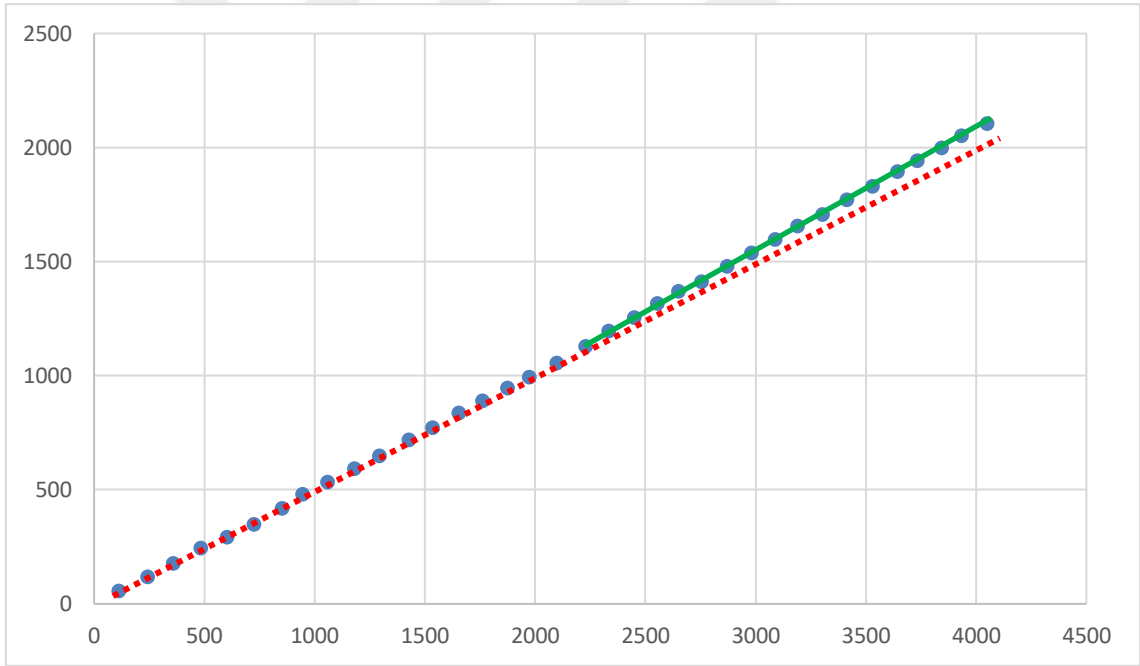
Çizelge 4.7. Levene ve t-testi sonuçları

ETO Serileri		Test	Çorum	Tokat	Amasya	Ordu	Samsun
Aylık	Ocak	Levene	0.747	0.053	0.703		
		t	0.268	0.346	0.378		
	Şubat	Levene	0.250	0.226	0.656		
		t	0.967	0.080	0.272		
	Mart	Levene	0.283	0.605	0.670	0.633	0.483
		t	0.554	0.875	0.057	0.124	0.377
	Nisan	Levene	0.736	0.097		0.807	0.910
		t	0.396	0.032*		0.413	0.808
	Mayıs	Levene	0.768	0.979	0.702	0.549	0.705
		t	0.094	0.008*	0.119	0.466	0.575
	Haziran	Levene	0.734	0.247	0.150	0.231	
		t	0.257	0.155	0.165	0.360	
	Temmuz	Levene	0.282	0.774	0.109	0.642	
		t	0.163	0.001*	0.041*	0.254	
	Ağustos	Levene	0.477	0.152	0.064	0.248	
		t	0.073	0.006*	0.010*	0.575	
	Eylül	Levene	0.995	0.546	0.020*	0.503	
		t	0.889	0.016*	0.230	0.823	
	Ekim	Levene	0.327	0.803	0.392	0.409	0.008*
		t	0.647	0.018*	0.054	0.902	0.125
	Kasım	Levene	0.221	0.877	0.976		
		t	0.696	0.975	0.384		
	Aralık	Levene	0.938	0.666	0.839		
		t	0.398	0.706	0.685		
Mevsimlik	MI	Levene	0.052	0.763		0.280	
		t	0.907	0.214		0.132	
	MII	Levene	0.965	0.081		0.411	
		t	0.078	0.004*		0.241	
	MIII	Levene	0.743	0.092			
		t	0.131	0.000*			
	MIV	Levene	0.475	0.402	0.181		
		t	0.796	0.145	0.054		
Yıllık		Levene	0.668	0.004*		0.942	
		t	0.070	0.000*		0.163	

*0.05'den küçük değerler

4.3 Çift Birikimli Eğri Yöntemi Sonuçları

Çizelge 4.8’de homojen olan ve olmayan referans bitki su tüketim serileri verilmiştir. Çift birikimli eğri yöntemiyle homojenliğin bozulduğu yıl tespit edilmiştir. Şekil 4.1’de Amasya ilinin Temmuz ayına ait ETo serisinde homojenliğin bozulduğu yıl 2001’dir. Bu yıl dikkate alınarak bu noktadan önceki ve sonraki doğruların eğimi oranlanarak homojenliğin bozulduğu veri homojen hale getirilmiştir. Çizelge 4.8 de homojenliğin olmadığı belirlenen ETo serilerinin homojenliğin bozulduğu yıl benzer şekilde belirlenmiştir. Çift birikimli eğri yönteminin uygulandığı serilere tekrar Levene, t test ve Mann-Whitney U testi uygulanmış ve homojenlik koşulunu sağlayıp sağlamadıkları tespit edilmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.9 ve 4.10 da verilmiştir. Bu çizelgedeki sonuçlar incelendiğinde tüm verilerin homojen hale geldiği gözükmemektedir.



Şekil 4.1. Amasya ili Temmuz ayının homojenliğinin bozulduğu yıl

Çizelge 4.8. Homojenlik sonuçları

Seriler		Çorum	Tokat	Amasya	Ordu	Samsun
Aylık	Ocak	Homojen	Homojen	Homojen	Homojen	Homojen
	Şubat	Homojen	Homojen	Homojen	Homojen	Homojen
	Mart	Homojen	Homojen	Homojen	Homojen	Homojen
	Nisan	Homojen	Homojen Değil	Homojen	Homojen	Homojen
	Mayıs	Homojen	Homojen Değil	Homojen	Homojen	Homojen
	Haziran	Homojen	Homojen	Homojen	Homojen	Homojen
	Temmuz	Homojen	Homojen Değil	Homojen Değil	Homojen	Homojen
	Ağustos	Homojen	Homojen Değil	Homojen Değil	Homojen	Homojen
	Eylül	Homojen	Homojen Değil	Homojen Değil	Homojen	Homojen
	Ekim	Homojen	Homojen Değil	Homojen	Homojen	Homojen Değil
	Kasım	Homojen	Homojen	Homojen	Homojen	Homojen Değil
	Aralık	Homojen	Homojen	Homojen	Homojen	Homojen
Mevsimlik	M-I	Homojen	Homojen	Homojen	Homojen	Homojen
	M-II	Homojen	Homojen Değil	Homojen	Homojen	Homojen
	M-III	Homojen	Homojen Değil	Homojen	Homojen	Homojen
	M-IV	Homojen	Homojen	Homojen	Homojen	Homojen Değil
Yıllık		Homojen	Homojen Değil	Homojen	Homojen	Homojen

Çift birikimli eğri yöntemi uygulanırken referans bitki su tüketiminin homojen olduğu ve homojen olmayan ayların meteoroloji istasyonuna en yakın olan ilin istasyonuna ait olan ve PM eşitliğinde hesaplanarak elde edilen referans bitki su tüketiminin değerleri hesaplamaaya dâhil edilmiştir. Tüm illerin istasyonları için bu durum uygulanarak çift birikimli eğri yöntemi ile veriler homojen hale getirilmiştir. Çift birikimli eğri yöntemi ile verilerin homojenlik durumuna sahip olup olmadıkları Levene, t test ve Mann-Whitney U testi ile tekrar analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.9 ve 4.10 da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Çift birikimli eğri yöntemi uygulandıktan sonraki verilerin Levene ve t-testi homojenlik sonuçları

Seriler		Test	Çorum	Tokat	Amasya	Ordu	Samsun
Aylık	Ocak	Levene					
		t					
	Şubat	Levene					
		t					
	Mart	Levene					
		t					
	Nisan	Levene		0.173			
		t		0.474			
	Mayıs	Levene		0.935			
		t		0.243			
	Haziran	Levene					
		t					
	Temmuz	Levene		0.855	0.276		
		t		0.263	0.276		
	Ağustos	Levene		0.709	0.425		
		t		0.824	0.261		
	Eylül	Levene		0.490	0.233		
		t		0.640	0.143		
	Ekim	Levene		0.884			0.619
		t		0.379			0.601
	Kasım	Levene					
		t					
	Aralık	Levene					
		t					
Mevsimlik	M-I	Levene					
		t					
	M-II	Levene		0.118			
		t		0.119			
	M-III	Levene		0.831			
		t		0.728			
Yıllık		Levene		0.750			
		t		0.136			

Çizelge 4.10. Çift birikimli eğri yöntemi uygulandıktan sonraki verilerin Mann Whitney-U testi homojenlik sonuçları

Seriler		Çorum	Tokat	Amasya	Ordu	Samsun
Aylık	Ocak					
	Şubat					
	Mart					
	Nisan					
	Mayıs					
	Haziran					
	Temmuz					
	Ağustos					
	Eylül					
	Ekim					
	Kasım					-0.680
	Aralık					
Mevsimlik	M-I					
	M-II					
	M-III					
	M-IV					-1.645
Yıllık						

Tüm verilerin homojenlikleri sağlandıktan sonra, ETo veri dizilerindeki trendin analizi aşağıda sonuçları verilen yöntemler ile gerçekleştirilmiştir.

4.4 Trend Analiz Sonuçları

Çalışma alanındaki ETo zaman serilerinin homojenliği yerine getirildikten sonra serilerdeki değişimin varlığını ortaya çıkarmak amacıyla Spearman Rho, Mann-Kendall, lineer regresyon ve yenilikçi trend analiz yöntemleri uygulanmış ve trend analiz sonuçları Çorum, Tokat, Amasya, Ordu ve Samsun illeri için Çizelge 4.11, Çizelge 4.12, Çizelge 4.13, Çizelge 4.14 ve Çizelge 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Çorum iline ait aylık, mevsimlik ve yıllık referans bitki su tüketiminin trend analizi sonuçları

Seriler		Mann-Kendall (± 1.96)	Spearman Rho (± 1.96)	Lineer Regresyon (± 2.03)
Aylık ETo	Ocak	-1.78	-1.70	-1.70
	Şubat	0.10	0.03	0.42
	Mart	0.86	0.71	0.94
	Nisan	1.27	1.17	1.06
	Mayıs	0.99	0.76	0.99
	Haziran	0.61	0.72	0.51
	Temmuz	1.95	▲ 1.97	1.57
	Ağustos	1.38	1.44	1.23
	Eylül	0.07	0.25	0.21
	Ekim	0.45	0.41	0.25
	Kasım	0.18	0.16	0.14
	Aralık	-0.18	-0.13	0.03
Mevsimlik ETo	M-I	0.61	0.44	0.45
	M-II	1.21	1.37	1.24
	M-III	1.32	1.39	1.37
	M-IV	0.01	0.19	0.28
Yıllık ETo		1.48	1.60	1.55

Çorum ili için Çizelge 4.11 aylık, mevsimlik ve yıllık ETo serileri incelendiğinde Mann-Kendall, Spearman Rho ve lineer regresyon sonuçlarına göre trend varlığı sadece Spearman Rho testine göre Temmuz ayında tespit edilmiştir. Normallik analizi sonucunda normal çıkan tüm aylara, mevsimlik ve yıllık serilere lineer regresyon testi uygulanmıştır.

Tokat ili için Çizelge 4.12 aylık ETo serileri incelendiğinde Şubat ayında Mann-Kendall, Spearman Rho ve lineer regresyon testine göre artan yönde trendin olduğu gözlemlenmiştir. Mevsimsel ETo serileri ve yıllık ETo serisi incelendiğinde ise tüm test sonuçlarına göre trendin olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.12. Tokat iline ait aylık, mevsimlik ve yıllık referans bitki su tüketiminin trend analizi sonuçları

Seriler		Mann-Kendall (± 1.96)	Spearman Rho (± 1.96)	Lineer Regresyon (± 2.03)
Aylık ETo	Ocak	1.40	1.10	0.71
	Şubat	▲ 1.98	▲ 2.14	▲ 2.10
	Mart	0.80	0.74	0.70
	Nisan	0.56	0.83	0.92
	Mayıs	0.89	0.74	0.94
	Haziran	1.19	1.23	1.26
	Temmuz	1.21	1.12	1.24
	Ağustos	-0.75	-0.68	-0.57
	Eylül	-0.94	-1.05	-0.42
	Ekim	0.86	0.83	0.79
	Kasım	1.27	1.25	1.09
	Aralık	-0.75	-0.56	-0.60
Mevsimlik ETo	M-I	1.46	1.36	1.65
	M-II	1.43	1.49	1.47
	M-III	0.26	0.18	0.27
	M-IV	0.91	1.02	0.89
Yıllık ETo		1.13	1.37	1.62

Amasya ili için Çizelge 4.13 aylık ETo serileri incelendiğinde Mart, Nisan ve Ekim aylarında Mann-Kendall, Spearman Rho ve lineer regresyon testi sonuçlarına göre artan yönde trend olduğu görülmektedir. Mevsimsel ETo serileri incelendiğinde Mann-Kendall, Spearman Rho ve lineer regresyon test sonuçlarına göre M-I, M-II ve M-IV serilerinde artan trendin olduğu görülmektedir. Normallik analizi sonucunda normal çıkmayan Temmuz, Ağustos, Eylül aylarında lineer regresyon testi uygulanmamıştır. Yıllık ETo serisi incelendiğinde ise sadece lineer regresyon testine göre artan trendin varlığından bahsedilebilir.

Çizelge 4.13. Amasya iline ait aylık, mevsimlik ve yıllık referans bitki su tüketiminin trend analizi sonuçları

Seriler		Mann-Kendall (± 1.96)	Spearman Rho (± 1.96)	Lineer Regresyon (± 2.03)
Aylık ETo	Ocak	1.32	1.62	0.83
	Şubat	1.48	1.70	1.78
	Mart	▲ 2.79	▲ 2.84	▲ 2.81
	Nisan	▲ 2.03	▲ 2.16	▲ 2.14
	Mayıs	1.19	1.32	1.60
	Haziran	1.57	1.78	1.65
	Temmuz	1.48	1.63	
	Ağustos	0.61	0.88	
	Eylül	-1.21	-1.03	
	Ekim	▲ 2.00	▲ 2.20	▲ 2.60
	Kasım	1.40	1.35	1.17
	Aralık	1.57	1.59	1.63
Mevsimlik ETo	M-I	▲ 2.57	▲ 2.77	▲ 2.93
	M-II	▲ 2.00	▲ 2.19	▲ 2.61
	M-III	0.78	0.95	0.78
	M-IV	▲ 2.44	▲ 2.80	▲ 3.12
Yıllık ETo		1.40	1.81	▲ 2.62

Ordu ili için Çizelge 4.14 aylık ETo serileri incelendiğinde Mart ve Nisan aylarında Mann-Kendall, Spearman Rho ve lineer regresyon testi sonuçlarına göre artan yönde trend olduğu görülmektedir. Mevsimsel ETo serileri incelendiğinde Mann-Kendall, Spearman Rho ve lineer regresyon test sonuçlarına göre M-I serisinde artan yönde, M-II serisinde sadece Mann-Kendall testinde artan yönde trend olduğu tespit edilmiştir. Normalite analizi sonucunda normal çıkmayan Ocak, Şubat, Kasım ve Aralık ayları, M-III ve M-IV serilerine lineer regresyon testi uygulanmamıştır. Yıllık ETo serisi incelendiğinde ise Mann-Kendall ve Spearman Rho testlerinde artan yönde trendin varlığı gözlemlenmektedir.

Çizelge 4.14. Ordu iline ait aylık, mevsimlik ve yıllık referans bitki su tüketiminin trend analizi sonuçları

Seriler		Mann-Kendall (± 1.96)	Spearman Rho (± 1.96)	Lineer Regresyon (± 2.03)
Aylık ETo	Ocak	-0.48	-0.51	
	Şubat	1.05	1.04	
	Mart	▲ 2.68	▲ 3.18	▲ 3.01
	Nisan	▲ 1.98	▲ 2.03	▲ 2.26
	Mayıs	0.97	0.92	0.88
	Haziran	0.86	0.63	0.33
	Temmuz	1.13	1.33	1.13
	Ağustos	0.26	0.29	0.19
	Eylül	0.23	0.30	0.12
	Ekim	-0.01	0.08	0.07
	Kasım	0.56	0.59	
	Aralık	1.05	1.04	
Mevsimlik ETo	M-I	▲ 2.74	▲ 3.34	▲ 2.86
	M-II	▲ 2.11	1.89	1.41
	M-III	0.99	1.35	
	M-IV	1.16	1.18	
Yıllık ETo		▲ 2.22	▲ 2.33	1.75

Samsun ili için Çizelge 4.15 aylık ETo serileri incelendiğinde Ocak ayı için Mann-Kendall ve Spearman Rho testi sonuçlarına göre azalan yönde trend olduğu görülmektedir. Şubat ve Aralık ayları için Spearman Rho test sonucuna göre azalan yönde trendin varlığından bahsedebiliriz. Mevsimsel ETo serileri incelendiğinde M-I serisinde Spearman Rho ve lineer regresyon testinde azalan yönde trend, M-IV serisinde Mann-Kendall, Spearman Rho ve lineer regresyon test sonuçlarına göre azalan yönde trend vardır. Normallik analizi sonucunda normal çıkmayan Ocak, Şubat, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Kasım ve Aralık ayları, MI, MII, MIII ve MIV serileri ve yıllık ETo serisinde lineer regresyon testi uygulanmamıştır. Yıllık ETo serisi incelendiğinde ise tüm testlere göre herhangi bir trendin varlığından söz edilememektedir.

Çizelge 4.15. Samsun iline ait aylık, mevsimlik ve yıllık referans bitki su tüketiminin trend analizi sonucu

Seriler		Mann-Kendall (± 1.96)	Spearman Rho (± 1.96)	Lineer Regresyon (± 2.03)
Aylık ETo	Ocak	▼ -2.98	▼ -3.25	
	Şubat	-1.78	▼ -2.28	
	Mart	-0.34	-0.28	-0.48
	Nisan	1.40	1.34	1.10
	Mayıs	0.89	0.82	0.54
	Haziran	1.73	1.67	
	Temmuz	0.18	0.06	
	Ağustos	0.29	-0.06	
	Eylül	-0.26	-0.61	
	Ekim	1.59	1.58	0.91
	Kasım	0.94	1.18	
	Aralık	-1.95	▼ -2.27	
Mevsimlik ETo	M-I	-1.87	▼ -2.25	
	M-II	1.89	1.62	
	M-III	0.72	0.11	
	M-IV	▼ -2.25	▼ -2.48	
Yıllık ETo		0.12	0.37	

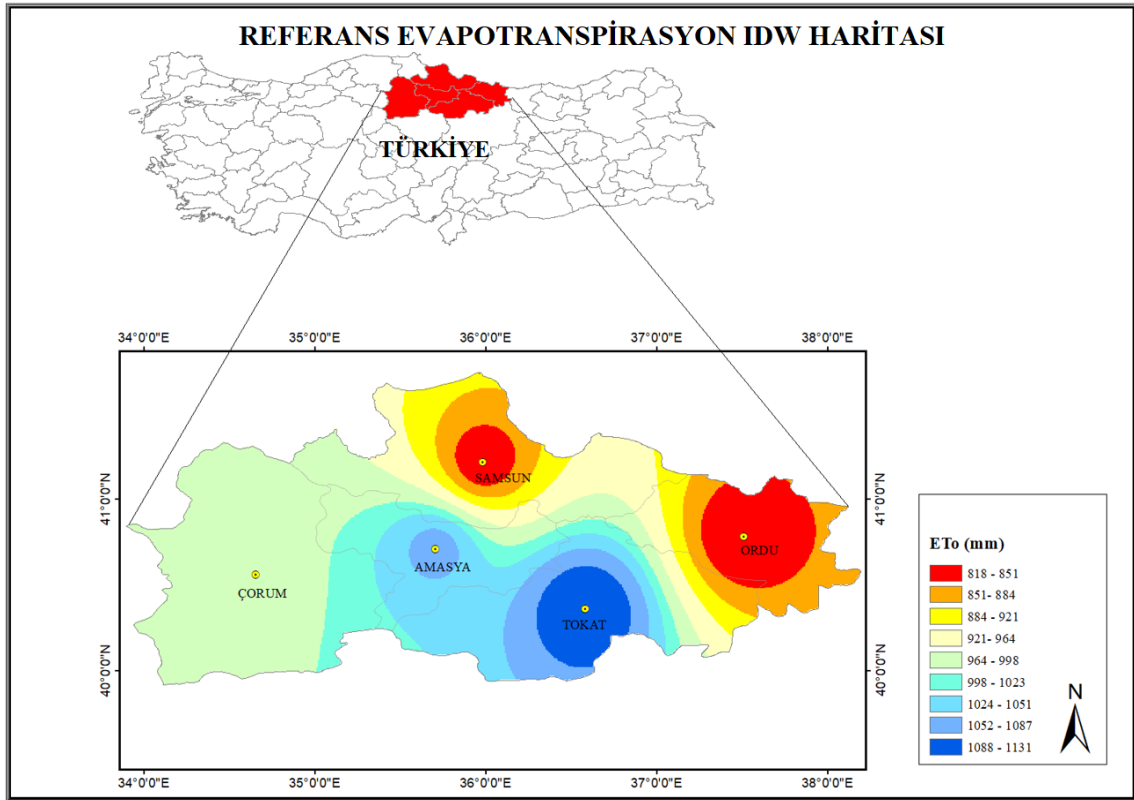
Şen (2012) tarafından önerilen ve trend analizinde herhangi bir önkoşul aramaksızın uygulandığı Yenilikçi Trend Analizi metoduna göre elde edilen sonuçlar ve bu sonuçların değerlendirilebilmesi için hesaplanan güven aralıkları Çizelge 4.16'da verilmiştir. Çizelge 16 incelendiğinde Çorum ili için Mayıs, Ağustos aylarında, M-II ve yıllık serilerinde artan bir eğilim olduğu görülmektedir. Tokat ili için Şubat, Mayıs, Haziran, M-II ve yıllık serilerinde artan trend tespit edilmiştir. Amasya ili için Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Ekim ayları ve M-I, M-II, M-IV, yıllık serilerinde artan trend gözlemlenmiştir. Ordu ili için Mart, M-I, M-II ve yıllık serilerde artan yönde trendin varlığı söz konusudur. Son olarak Samsun ilinde Ocak, Şubat, Aralık ve M-I, M-IV serileri azalan yönde bir eğilim göstermektedir.

Çizelge 4.16 Orta Karadeniz Bölgesi’ndeki illere ait Yenilikçi Trend Analizi sonuçları

Seriler		Yenilikçi Trend Analizi Kritik Eğim Değerleri ve Güven Aralıkları				
		Çorum	Tokat	Amasya	Ordu	Samsun
Aylık	Ocak	-0.062	0.114	0.052	-0.010	▼-0.447
		±0.076	±0.180	±0.095	±0.077	±0.256
	Şubat	-0.003	▲0.236	0.120	0.061	▼-0.402
		±0.119	±0.195	±0.156	±0.132	±0.235
	Mart	0.089	0.030	▲0.293	▲0.185	-0.159
		±0.163	±0.254	±0.195	±0.131	±0.223
	Nisan	0.197	0.151	▲0.360	0.117	0.040
		±0.291	±0.233	±0.332	±0.126	±0.159
	Mayıs	▲0.347	▲0.274	▲0.398	0.143	0.127
		±0.189	±0.264	±0.317	±0.253	±0.307
	Haziran	0.277	▲0.288	▲0.348	0.204	0.245
		±0.279	±0.266	±0.303	±0.278	±0.367
	Temmuz	0.348	0.312	0.212	0.240	-0.151
		±0.390	±0.424	±0.356	±0.321	±0.452
	Ağustos	▲0.432	-0.050	0.122	0.124	-0.163
		±0.367	±0.372	±0.398	±0.304	±0.404
	Eylül	0.027	-0.070	0.122	-0.028	-0.215
		±0.313	±0.225	±0.373	±0.181	±0.264
	Ekim	0.060	0.100	▲0.259	-0.010	0.050
		±0.169	±0.111	±0.183	±0.103	±0.127
Kasım	0.029	0.002	0.057	0.152	-0.006	
	±0.107	±0.123	±0.084	±0.197	±0.093	
Aralık	0.047	-0.028	0.024	0.128	▼-0.468	
	±0.076	±0.105	±0.080	±0.198	±0.328	
Mevsimlik	M-I	0.022	0.381	▲0.465	▲0.236	▼-1.009
		±0.259	±0.435	±0.360	±0.218	±0.646
	M-II	▲0.822	▲0.714	▲1.107	▲0.465	0.413
		±0.485	±0.464	±0.680	±0.454	±0.742
	M-III	0.808	0.180	0.213	0.336	-0.530
		±0.923	±0.837	±0.975	±0.636	±1.086
	M-IV	0.042	0.074	▲0.341	0.269	▼-0.424
		±0.216	±0.223	±0.230	±0.281	±0.343
Yıllık		▲1.696	▲1.351	▲2.128	▲1.308	-1.550
		±1.431	±1.28	±1.885	±1.135	±2.536

YTA sonuçları ETo serilerinin yaklaşık %32’nde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak bu bulgu MK testinde %16, SR testinde %20 ve LR testinde ise %13 civarındadır. Wang et al. (2020), YTA yönteminin hidroklimatik

zaman serilerinde gizli eğilimleri tespit etmede yaygın olarak kullanılan yöntemlere göre daha etkili olduğunu vurgulamıştır. Yine aynı şekilde Zhou ve ark. (2018), zaman serilerindeki değişimi tanımlamada YTA testinin MK ve LR testlerine göre çok daha başarılı olduğunu da altını çizmiştir. Yürekli (2021) yağış serilerinin eğiliminin belirlenmesinde de YTA yönteminin diğer yöntemlere göre daha başarılı sonuç verdiğini bildirmiştir. Kişi (2015), aylık tava buharlaştırma serileri üzerine yaptığı çalışmada, YTA yönteminin MK ve SR testlerine göre veri setindeki değişimi daha başarılı bir şekilde belirlediğini ifade etmiştir.



Şekil 4.2. Orta Karadeniz Bölgesi uzun yıllar (1984-2019) yıllık ortalama referans bitki su tüketimlerinin haritası

Orta Karadeniz Bölgesi'nde, IDW enterpolasyon yöntemi kullanılarak elde edilen uzun yıllar (1984-2019) yıllık ortalama ETo değişimi Şekil 4.2'de verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi, uzun yıllar ortalama ETo değerleri 824.4 mm (Samsun istasyonu) ile 1131.02 mm (Tokat istasyonu) arasında değişim göstermiştir. Genel olarak, Orta Karadeniz Bölgesi'nin güney kesimlerinde (Amasya ve Tokat illerinde) ETo yüksek

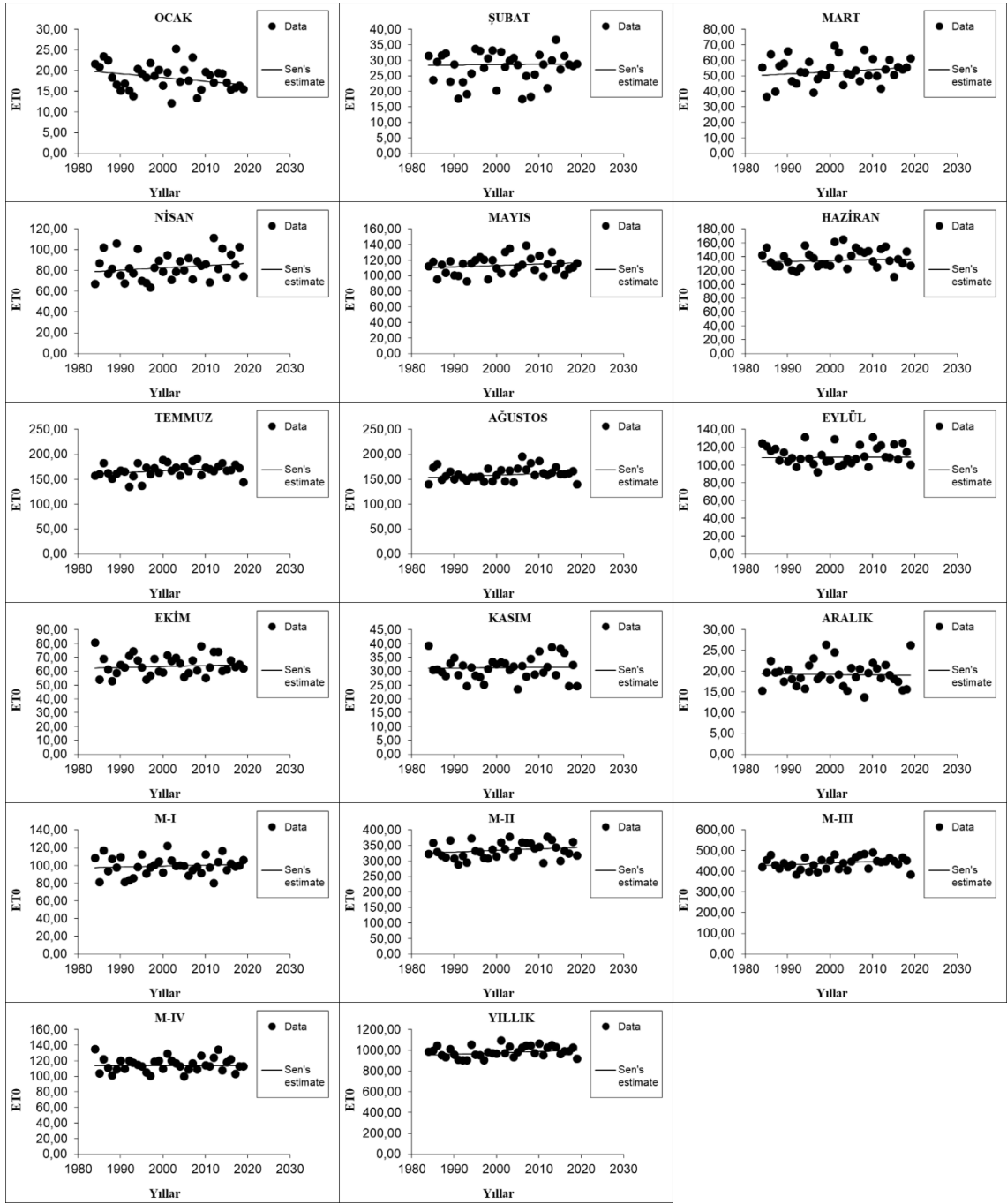
değerlere ulaşırken, bölgenin kuzey ve doğu kesimlerinde (Samsun ve Ordu illerinde) ETo değerleri düşmüştür.

4.5 Theil-Sen Eğilim Analiz Sonuçları

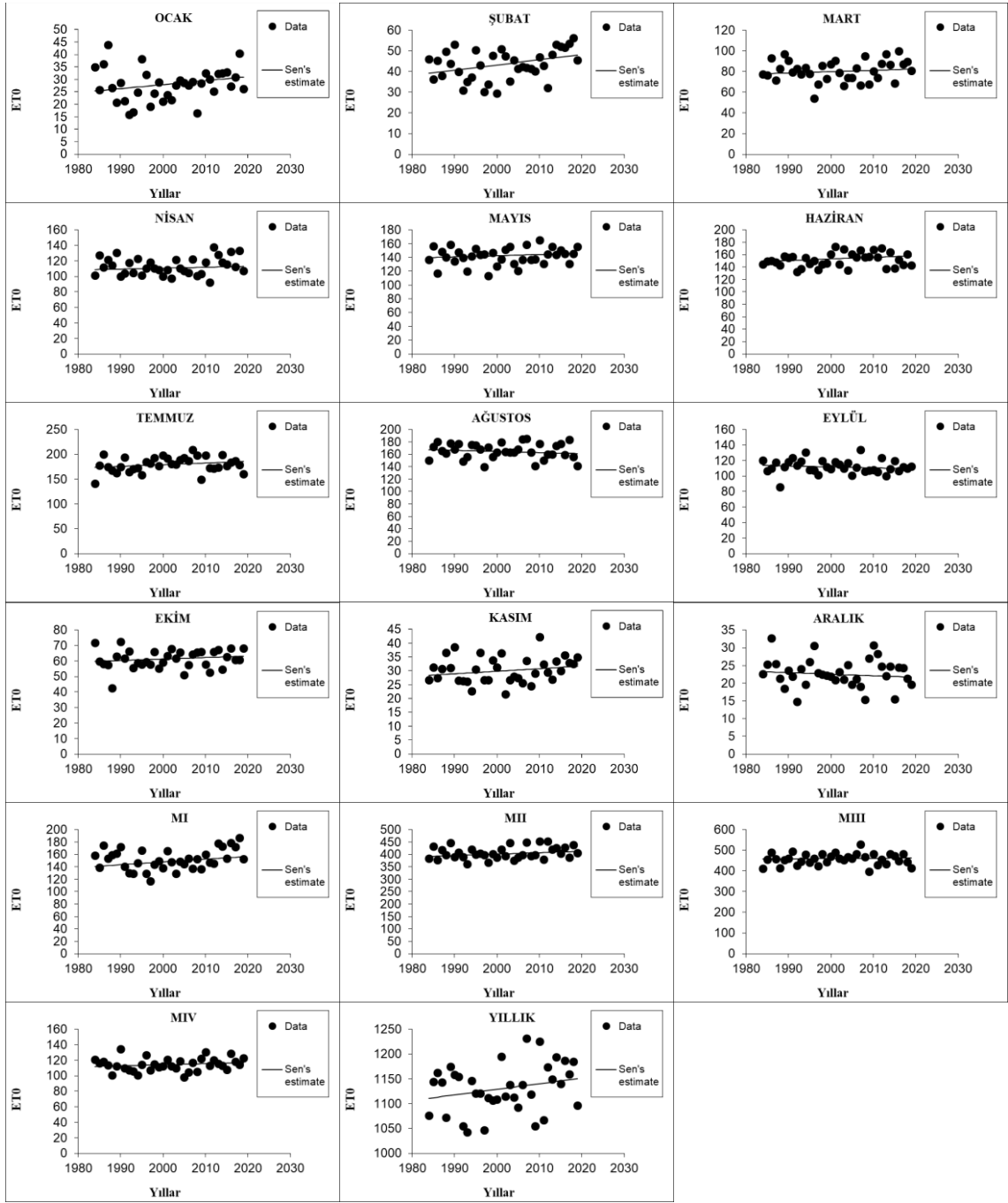
Theil-Sen eğilim analizi sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir. Çizelgede verilen Q değerleri çalışmada göz önüne alınan ETo verilerinin eğim miktarını ve eğimin yönü hakkında bilgi vermektedir. Bu değerler Mann-Kendall, Spearman Rho ve lineer regresyon testinin sonuçları ile uyumludur. Sen testine göre Çorum ili için Temmuz ayında artan yönde eğilim söz konusudur. Tokat ili için Şubat ayında artan yönde eğim gözükmemektedir. Amasya ili için Mart, Nisan ve Ekim aylarında artan yönde eğilimin yanı sıra mevsimsel olarak M-I, M-II, M-IV ve yıllık serilerinde de artan eğilim söz konusudur. Ordu ili için Mart ve Nisan ayları ile M-I ve M-II serilerinde artan yönde eğilim mevcuttur. Yıllık seride de artan yönde eğilim mevcuttur. Samsun ili için Ocak, Şubat ve Aralık ayları ile M-I ve M-IV serilerinde de azalan yönde eğilimi görmekteyiz. Şekil 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 ve 4.7’de OKB’de bulunan illerin aylık, mevsimsel ve yıllık Theil-Sen saçılma grafikleri verilmiştir.

Çizelge 4.17. Orta Karadeniz Bölgesi’ndeki illere ait Theil-Sen eğilim analiz sonuçları

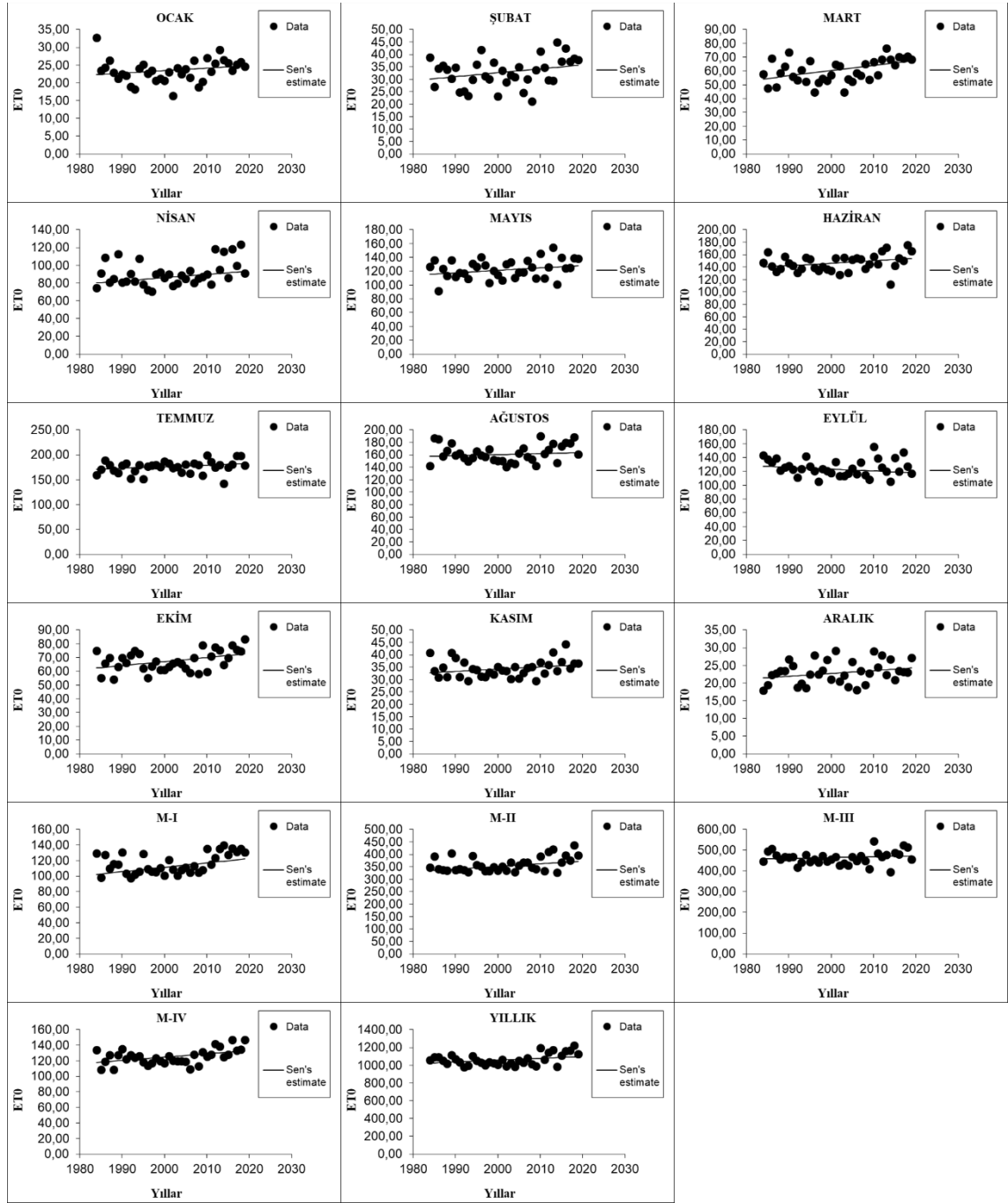
Seriler		Çorum	Tokat	Amasya	Ordu	Samsun
Aylık ETo	Ocak	-0.090	0.162	0.070	-0.0167	▼-0.6338
	Şubat	0.010	▲0.252	0.158	0.0557	▼-0.3625
	Mart	0.143	0.129	▲0.376	▲0.2781	-0.0879
	Nisan	0.219	0.116	▲0.375	▲0.2652	0.2139
	Mayıs	0.181	0.173	0.356	0.1611	0.1932
	Haziran	0.137	0.249	0.393	0.1796	0.3371
	Temmuz	▲0.360	0.342	0.312	0.2439	0.0225
	Ağustos	0.312	-0.180	0.168	0.0716	0.0702
	Eylül	0.015	-0.117	-0.267	0.0266	-0.0464
	Ekim	0.068	0.094	▲0.293	-0.0047	0.1361
	Kasım	0.016	0.093	0.090	0.0368	0.0637
	Aralık	-0.010	-0.043	0.080	0.0649	▼-0.3552
Mevsimlik ETo	M-I	0.107	0.447	▲0.568	▲0.3223	▼-0.9594
	M-II	0.515	0.574	▲1.034	▲0.7873	0.8457
	M-III	0.759	0.129	0.398	0.3299	0.4442
	M-IV	0.001	0.134	▲0.424	0.1332	▼-0.4781
Yıllık ETo		1.332	1.128	▲2.037	▲1.6924	0.2171



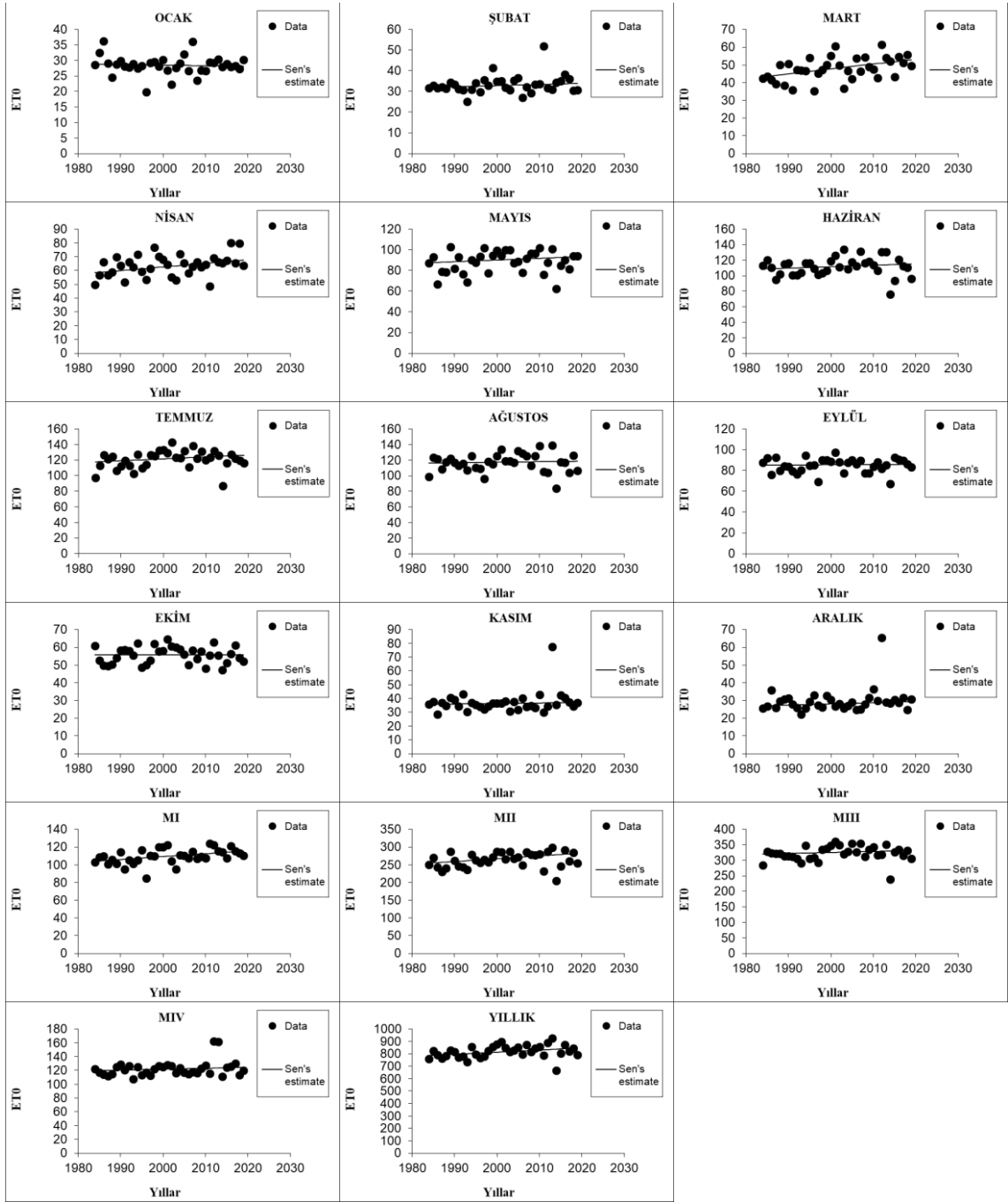
Şekil 4.3. Çorum ili aylık, mevsimlik ve yıllık referans bitki su tüketimi Theil-Sen saçılma grafiği



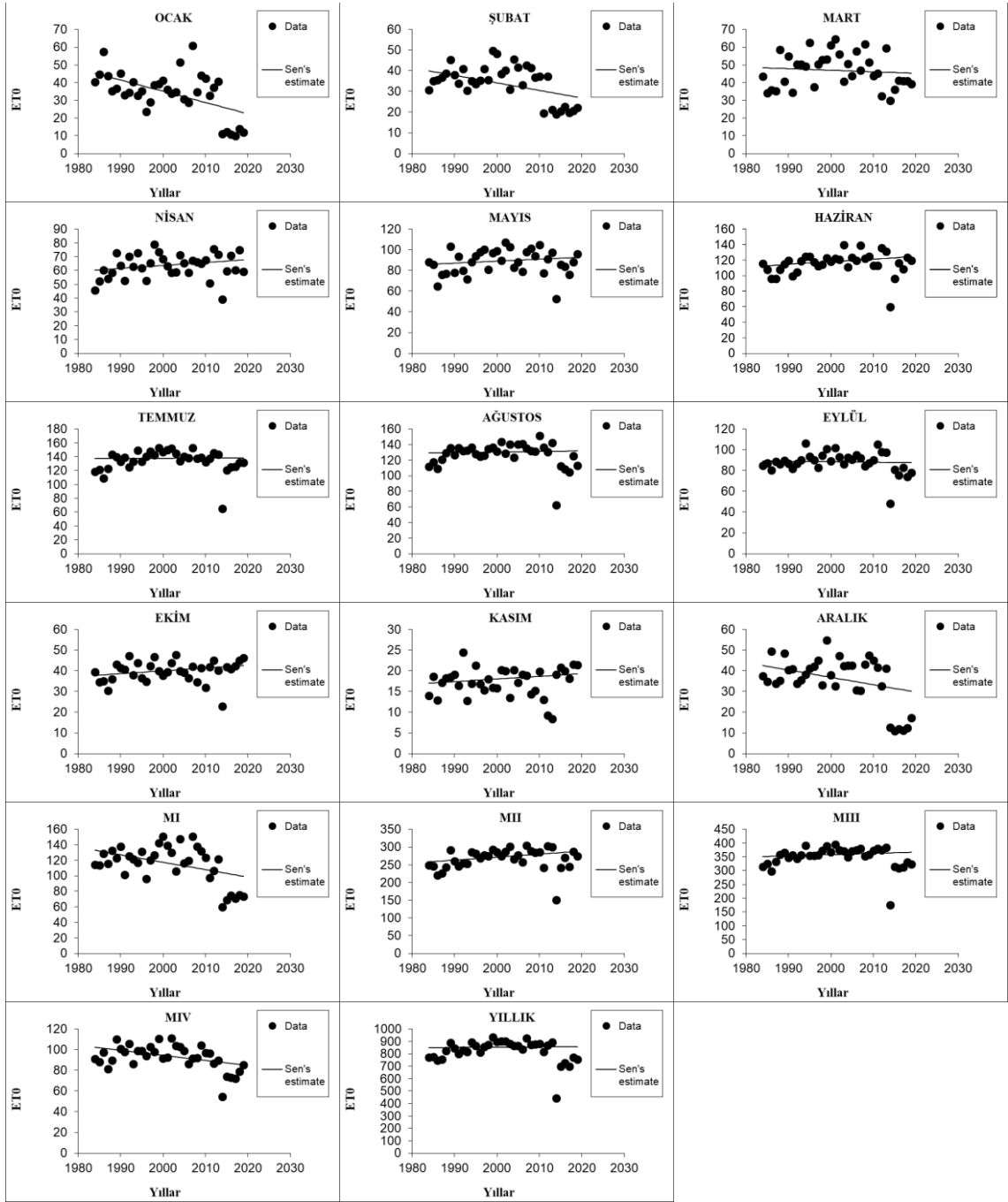
Şekil 4.4. Tokat ili aylık, mevsimlik ve yıllık referans bitki su tüketimi Theil-Sen saçılma grafiği



Şekil 4.5. Amasya ili aylık, mevsimlik ve yıllık referans bitki su tüketimi Theil-Sen saçılma grafiği



Şekil 4.6. Ordu ili aylık, mevsimlik ve yıllık referans bitki su tüketimi Theil-Sen saçılma grafiği



Şekil 4.7. Samsun ili aylık, mevsimlik ve yıllık referans bitki su tüketimi Theil-Sen saçılma grafiği

5. SONUÇ

Küresel ısınma ve iklim değişikliği nedenleri ile su kaynaklarındaki azalma, Türkiye'nin su kıtlığı ile yüzleşmesi bilimsel çalışmalar tarafından öngörülmüş olup tüm canlıların hayatını olumsuz yönde etkileyen bir sorun olarak karşımıza çıkmıştır. Küresel ısınmadan dolayı iklim değişiklikleri, sıcaklıkların ve yağışların olumsuz yönde etkilenmesine sebep olmuştur. Bu durum su kaynaklarına ulaşımı daha da zor hale getirmiştir. Artan dünya nüfusuna bağlı olarak suya olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bu sebeple meteorolojik verilerin geçmişe dayalı hareketlerini inceleyip gelecekteki davranışını tahmin etmemiz yaşanan olumsuzlukların önüne geçmemize ve önceden önlem almamıza fayda sağlayacaktır.

Bu çalışmada Orta Karadeniz Bölgesi'nde 1984-2019 yılları arasında referans bitki su tüketimini analiz etmek ve yaşanan trendleri tespit etmek amacıyla; Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan iklim değerlerini Penman-Monteith yönteminde kullanarak, Orta Karadeniz Bölgesi'nde bulunan illerin ayrı ayrı ETo değerleri elde edilmiştir. Elde edilen değerlerin ilk olarak normalitesi incelenerek bir sonraki aşama olan verilerin homojenliğinin kontrol edilmesi aşamasında kullanılacak teste karar verilmiştir. Homojen olmayan tüm veriler çift birikimli eğri yöntemi ile homojen hale getirilmiştir. Orta Karadeniz Bölgesi'nde bulunan Çorum, Tokat, Amasya, Ordu ve Samsun illerinin 1984-2019 yılları arasında yaşanan trendleri tespit etmek ve değerlendirmek amacıyla aylık, mevsimlik ve yıllık ETo değerleri Mann-Kendall (MK), Spearman Rho (SR), Lineer Regresyon (LR) ve Yenilikçi Trend Analizi (YTA) yöntemleri kullanılmıştır. YTA sonuçları ETo serilerinin yaklaşık %32'nde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak bu bulgu MK testinde %16, SR testinde %20 ve LR testinde ise %13 civarındadır.

Sonuç olarak aylık ve mevsimsel ETo değerlerindeki zamanla meydana gelen değişimlerde ekosistemi tehdit eden iklim değişikliğinin önemli bir etkisinin olduğu düşünülmektedir. ETo değerlerinde görülen azalma ya da artma eğilimleri yöntemin kullandığı parametrelere bağlı olduğu için elde edilen sonuçlar bölgenin iklimsel karakterini de ifade etmektedir. İleriye dönük yapılan çalışmalarda ülkemizin kuraklık tehdidiyle karşılaşabileceği dolayısıyla Orta Karadeniz Bölgesi'nde de bu tehditle karşı

karşıya olduğumuz tahmin edilmektedir. Söz konusu iklim değışikliğı üzerinde çoğunlukla yağış ve sıcaklıkların, ayrıca küresel ısınmanın da etkisiyle bölgede yaşanan trendler meydana gelmiştir. Yapılan bu çalışmanın önümüzdeki yıllarda araştırmacı, çiftçi vb. ilgili kişiler tarafından yapılacak olan çalışmalarda, öğrenmek istenilen bilgilere ulaşılması açısından faydalı olacaktır.



6. KAYNAKLAR

- Akçay, F., 2018. Doğu Karadeniz Havzası Aylık Ve Yıllık Ortalama Akımlarının Eğilim (Trend) Analizi. (Yüksek Lisans Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi. İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- 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.
- Altalib, A. A., M. T. Mahmood, and A. A. M. Al-Ogaidi. (2021) Mapping Reference Evapotranspiration for Iraq Using FAO Penman-Monteith Method. Agricultural Engineering International, CIGR Journal, 23(2), 18-29.
- Anlı, A.S. (2014). Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Referans Bitki Su Tüketiminin (ETO) Zamansal Değişimi ve RDI (Keşif Kuraklık İndeksi) Yöntemiyle Meteorolojik Kuraklık Analizi. Tarım Bilimleri Dergisi, 20, 248-260.
- Anonim, 2021. Orta Karadeniz Bölgesi Veri Tabanı. Vikipedi Özgür Ansiklopedi, https://tr.wikipedia.org/wiki/Karadeniz_B%C3%B6lgesi, (web adresi ziyaret tarihi; 05/06/2021).
- Anonim, 2021. Orta Karadeniz Bölgesi Veri Tabanı. Geography Humanity, http://geography.humanity.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/277/2016/11/Orta_Karadeniz_Bolgesi.pdf (web adresi ziyaret tarihi; 05/06/2021).
- Arabi, C., 2021. Marmara Bölgesinde Referans Bitki Su Tüketiminin Alansal ve Zamansal Değişimi.(Yüksek Lisans Tezi), Bursa Uludağ Üniversitesi. Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa
- Arslan, O., 2019. Kapadokya Bölgesi'nin Yaz Ayları Buharlaştırma Verileri İçin Trend Analizi, Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 8, (Sayı 2), 948-953,
- Bayramoğlu, E., 2013. Trabzon İlinde İklim Değişikliğinin Mevsimsel Bitki Su Tüketimine Etkisi: Penman-Monteith Yöntemi, Orman Fakültesi, 13(2), 300-306.
- Beyribey, M., Sönmez, K., Çakmak, B., Oğuz, M., 1997. Sulama Şebekelerinin İzleme ve Değerlendirilmesinde Ortalama ve Yıllık Veri Kullanımı. Tarım Bilimleri Dergisi, 3(1), 69-73.
- Chiew, F., Sriwardena, L., 2005. Trend (trend/change detection software), User Guide. CRC for Catchment Hydrology, Australia, P23.
- Çeribaşı, G. Ve Doğan, E., 2015. Trend Analizi Yöntemi Kullanılarak Batı ve Doğu Karadeniz ile Sakarya Havzası Akım Miktarlarının Değerlendirilmesi. Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 7(2), 1-12.
- Çobaner, M., Çıtakoğlu, H., Haktanır, T., 2016. Modifying Hargreaves-Samani Equation With Meteorological Variables for Estimation of Reference Evapotranspiration in Turkey. Hydrology Research, 48(2), 480-497.
- Demircan, Y., Çekerek Çayı Akımlarındaki Değişimin Analizi. (Yüksek Lisans Tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- Dinpash, Y., Jhaiaharia, D., Fakheri-Fard, A., Sing, V. P., Kahya, E., 2011. Trend in Reference Crop Evapotranspiration Over Iran. Journal of Hydrology, 399, 422-433.

- Djaman, K., Irmak, S., Kabenge, İ., Futakuchi, K., 2016. Evaluation of FAO-56 Penman-Monteith Model With Limited Data And The Valiantzas Model For Estimating Grass-Reference Evapotranspiration in Sahelian Conditions. *Journal of Irrigation And Drainage Engineering*, 142(11).
- Emekli, Y., ve Baştuğ, R., 2007. Antalya’da Tarla Koşullarında Bermuda Çiminin Su Tüketimi ve Bazı Bitki Su Tüketimi Eşitliklerinin Geçerliliğinin Belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1), 45-57.
- Ershadi, A., McCabe, M. F., Evans, J. P., Wood E. F., 2015. Impact Of Model Stucture and Parameterization Penman-Monteith type Evaporation Models. 525, 521-535.
- Eslamian, S. S., Gohari, S. A., Zareian, M. J., Firoozfar, A., 2012. Estimating Penman-Monteith Reference Evapotranspiration Using Artificial Neural Networks and Genetic Algorithm: A Case Study. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 37, 935-944.
- Espadafor, M., Lorite, I. J., Gavilán, P., Berengena, J., 2011. An Analysis Of The Tendency Of Reference Evapotranspiration Estimates And Other Climate Variables During The Last 45 Years İn Southern Spain. *Agricultural Water Manage*, 98, 1045-1061.
- Güven, L., 2019. Yukarı Fırat Havzasındaki Hidrometeorolojik Verilerin Trend Analizi.(Yüksek Lisans Tezi), Atatürk Üniversitesi. İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.
- Huang, Y. F., Puah, Y. J., Chua, K. C., Lee, T.S., 2015. Analysis of Monthly and Seasonal Rainfall Trend Using The Holt’s Test. *International Journal of Climatology*, 35(7), 1500-1509.
- IPCC: Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assesment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Edited by: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M., and Miller, H. L., Cambridge, United Kingdom and New York, USA, 996 pp.
- İlhan, A. İ. ve Utku, M., 1998. GAP Sulama Alanında Bitki Su Tüketimi ve Bitki Su Gereksinimi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü Web Sayfası, (ziyaret tarihi; 05.01.2019).
- İstanbuluoğlu, A., Bağdatlı, M.C., Arslan, Ç., 2013. Uzun Yıllık Yağış Verilerinin Trend Analizi ile Değerlendirilmesi: Tekirdağ-Çorlu İlçesi Uygulaması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10, s.70-77.
- Jaiswall, N. K., Dhar., R. L., 2015. Transformational Leadership, Innovation Climate, Creative Self-Efficacy And Employee Creativity: A Multilevel Study. *International Journal of Hospitality Management*, 51, sf. 30-41.
- Karabulut, M., 2009. Precipitation Trend in Kahramanmaraş along with Gaziantep and Adıyaman during the period of 1963-2005. *Ekoloji Dergisi*, 18, 15-24.
- Karabulut, M. ve Cosun, F., 2009. Kahramanmaraş İlinde Yağışların Trend Analizi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7(1), 65-83.
- Karaca, C., Büyüktaş, D., Baştuğ, R., Aydınşakir, K., Tekelioğlu, B. (2017). Antalya Koşullarında Kıyas Bitki Su Tüketiminin Alansal ve Zamansal Dağılımının Belirlenmesi. *Derim*, 34(2), 158-171.
- Kisi, O., 2015. An innovative method for trend analysis of monthly pan evaporations. *Journal of Hydrology*, 527, 1123-1129.

- Liang, L., Li, L., Liu, Q., (2010). Temporal Variation of Reference Evapotranspiration During 1961-2005 in the Taoer Basi of Northeast China. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150(2); s.298-306.
- Mann, H.B., 1945. Nonparametric Tests Against Trend. *Econometrica*, 13(3), 245-259.
- Mann, H.B., and Whitney, D.R., 1947. On a Test of Whether one of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Order. *The Annals of Mathematical Statistics*, 18(1), 50-60.
- Nachar, N., 2008. The Mann-Whitney U: A Test For Assesing Whether Two Independent Samples Come From The Same Distribution. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*, 4(1), sf.13-20.
- Nafarzadegan, A. R., Ahani, H., Singh, V. P., Kherad, M., 2013. Parametric Non-Parametric Trend of Reference Evapotranspiration and its Key in Fluencing Climatic Variables. *Tarbiat Modares Univercity Press*, 1(2), 123-144.
- Ndiaye, P.M., Bodian, A., Diop, L., Deme, A., Dezetter, A., Djaman, K., Ogilvie., A. (2020). Trend and Sensitivity Analysis of Reference Evapotranspiration in the Senegal River Basin Using NASA Meteorological Data. *Water*, 12, 1957.
- Nemli, M.Ö., 2017. Doğu Karadeniz Bölgesinde Yıllık Maksimum Yağışların Trend Analizi. (Yüksek Lisans Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Trabzon.
- Okman, C., 1975. Tekrarlanma Analizlerinde Hidrolojik Verilerin Seçimi. *Toprak Su Teknik Dergisi*, 40-41; s.54-58.
- Sahinler, S., 2000. En Küçük Kareler Yöntemi ile Doğrusal Regresyon Modeli Oluşturmanın Temel Prensipleri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(1-2), 57-73.
- Sharifi, A., Dinpasosh, Y., 2014. Sensitivity Analysis of the Penman-Monteith Reference Crop Evapotranspiration to Climatic Variables in İran. *Water Resources Management*, 28, 5465-5476.
- Sen, Z., 2012. Innoative Trend Analysis Methodology. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(9),
- Sen, Z., 2017. Hydrological trend analysis with innoative and over-whitening procedures. *Hydrological Sciences Journal*, 62(2), 294-305.
- Simsek, O., Gümüş, V., Soydan, N. G., Yenigün, K., Kayşut, M. E., Topçu, E., 2013. Hatay İlinde Bazı Meteorolojik Verilerin Gidiş Analizi. *International Journal of Technological Science*, 5(2), 132-144.
- Simsek, H., Yürekli, K., Ünlükara, A., 2014. Konya İlinde Referans Bitki Su Tüketimindeki Değişimin Belirlenmesi. 2. Uluslararası Katılımlı Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, I.Cilt, sf.90-95.
- Tabari, H., Marofi, S., Aeni, A., Talaee, H. P., Mohammadi, K., 2011. Trend Analysis Of Reference Evapotranspiration İn The Western Hall Of İran. *Agricultural And Forest Meteorology*, 151(2), 128-136.
- Tabari, H., ve Talaee, H. P., 2011. Local Calibration of the Hargreaves and Priestley-Taylor Equations for Estimating Reference Evapotranspiration in Arid and Cold Climates of Iran Based on the Penman-Monteith Model. *Journal of Hydrologic Engineering*, 16(10).
- Tang, B, Tong, L., Kang, S., Zhang, L., 2011. İmpacts of Climate Variability on Reference Evapotranspiration Over 58 Years İn The Haihe River Basin Of North China. *Agricultural Water Management*, 98, 1660-1670.

- Tanrikulu, A., 2016. Ege Bölgesi Yağış ve Sıcaklık Parametrelerinin Eğilim Çözümlemesi. (Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Denizli.
- Teixeria, A. H. C., 2010. Determining Regional Actual Evapotranspiration of Irrigated Crops and Naturel Vegetation in the Sao Francisco River Basin (Brazil) Using Remote Sensing and Penman-Monteith Equation. *Global Croplands*, 2(5), 1287-1389.
- Türkcs, M., Sümer, U. M. ve Demir, İ., 2002. Re-evaluation of trends and changes in mean, maximum and minimum temperatures of Turkey for the Period 1929-1999. *International Journal of Climatology*, 22, 947-977.
- Uçgun, E., 2010. Kızılırmak Havzası'ndaki Hidrometeorolojik Verilerin Trend Analizi.(Yüksek Lisans Tezi), Kırıkkale Üniversitesi. İnşaat Anabilim Dalı, Kırıkkale.
- Unlukara, A., Yürekli, K., 2014. Orta Anadolu Bölgesinde Referans Bitki Su Tüketiminin Mevsimsel Değişiminin Analizi. II. Uluslararası Katılımlı Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, I.Cilt, sf. 96-102.
- Unlukara, A., Kurunç, A., Kesmez, G.D., Yurtseven, E., Suarez, D.L., 2010. Effects of salinity on eggplant (*Solanum melongena* L.) growth and evapotranspiration. *Irrigation and Drainage*, 59(2), 203-214.
- Wang, Y., Xu, Y., Tabari, H., Wang, J., Wang, Q., Song, S., Hu, Z., 2020. Innovate trend analysis of annual and seasonal rainfall in the Yangtze River Delta, eastern China. *Atmospheric Research*, 231, 1873-2895.
- Wilcoxon F., 1945. Individual Comparisons by Ranking Methods. *Biometrics Bulletin*, 1(6), 80-83.
- Xu, Y., Wang, Y., Wu, L., Li, G., Song, S. (2017). Spatial and Temporal Trends of Reference Crop Evapotranspiration and its Influential Variables in Yangtze River Delta, Eastern China. *Theoretical and Applied Climatology*, 130, 945-958.
- Yıldırım, Y.E., Taş, İ., Özaydın, K.A. (2019). Referans Evapotranspirasyonun Mekansal Değişiminin Belirlenmesinde Gediz Havzası Örneği. *Toprak Su Dergisi, Özel Sayı*, 153-161.
- Yılmaz, A. G., 2015. İklim Değişikliğinin Antalya'da Tahvi ve Gelecekteki Aşırı Yağışlar Üzerine Etkileri. *Hidrolojik Bilimler Dergisi*, 60, 2148-2162.
- Yılmaz, M., 2019. Türkiye Akarsu Havzalarındaki Yıllık Anlık Maksimum Trend Analizi.(Yüksek Lisans Tezi), Erzurum Teknik Üniversitesi. İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.
- Yüksel, S., 2019. Kızılırmak Havzasında Mevsimsel ve Yıllık Yağmurlardaki Değişkenliğin Saptanması. (Yüksek Lisans Tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- Yürekli, K., Modarres, R., 2007. Regionalization of Maximum Daily Rainfall Data Over Tokat Province. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 1(2), 1-7.
- Yürekli, K., 2015. Impact Of Climate Variability On Precipitation In The Upper Euphrates Tigris Rivers Basin Of Southeast Turkey. *Atmospheric Research*, 154, 25-38
- Yürekli, K., Ünükara, A., Cömert, M. M., 2017. Holt Yaklaşımı ile Referans Bitki Su Tüketiminin Mevsimsel Değişiminin Saptanması. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6, 75-81.

- Yürekli, K., 2018. Variation of Seasonal and Annual Rainfall Series over Southeastern Anatolian Project Area. *Ecopersia*, 6(2), 131-138.
- Yürekli, K., 2019. Detecting Change-Point In Seasonal Reference Evapotranspiration (ETO) Datasets. *Journal Of Agricultural Faculty Of Gaziosmanpasa University*, 36(3), 206-210.
- Yürekli, K., Erdoğan, M., Karaca, Ö. F., 2019. Use Of Different Statistic Approaches On Variability in Hydrologic Variables. *Turkish Journal Of Agriculture-Food Science And Technology*, 7(1), sf.1-5
- Yürekli, K., Cömert, M. M., Erdoğan, M., Demir, S., 2019. Determination Of Seasonal Variation In Reference Evapotranspiration Using Regression Analysis. *Akademik Ziraat Dergisi*, 8(1), sf.59-62.
- Yürekli, K., 2020. Impact of Change Point Presence in Extreme Rainfall Series on Hydrological Design. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 37(3), 109-114.
- Yürekli, K., 2021. Scrutinizing Variability In Full and Partial Rainfall Time Series By Different Approaches. *Natural Hazards*, 105, 2523-2542.
- Zhang, Y.D., Zheng, S.Z., Lu, C., Jia, H.W., Huang, W.Y., (2018). Spatial Distribution of Reference Crop Evapotranspiration in Hangjiahu Area. The 4th International Conference on Water Resourc and Environment, IOP Conf. Ser, Earth Environ.
- Zhao, W.Z., Ji, X.B., Kang, E.S., Zhang, Z.H., Jin, B.W., 2010. Evaluation of Penman-Monteith Model Applied to a Maize Field in The Arid Area of Penman-Monteith Model Applied to a Maize Field in The Arid Area of Nortwest China. *Hydrology And Earth System Sciences*, 14, 1353-1364.
- Zhou, Z., Wang, L., Lin, A., Zhang, M., Niu, Z., 2018. Innovative trend analysis of solar radiation in China during 1962-2015. *Renewable Energy*, 119, 675-689.
- Zotarelli, Dukes, M. D., Romero, C. C., Migliaccio, K. W., Morgan, K. T., 2010. Step By Step Calculation of the Penman-Monteith Evapotranpration. *Universty of Florida Ifas Extension*, AE459, 1-10.