

**TEKİRDAĞ KOŞULLARINDAKİ İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN REFERANS BİTKİ SU
TÜKETİMİ DEĞERLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

ELİF ARSLAN YILDIRIM

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Tolga ERDEM

2023

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEKİRDAĞ KOŞULLARINDAKİ İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN REFERANS BİTKİ SU
TÜKETİMİ DEĞERLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

ELİF ARSLAN YILDIRIM

ORCID: 0000-0001-6778-3407

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Danışman: Prof. Dr. Tolga ERDEM

OCAK-2023

Her hakkı saklıdır.

ÖZET

TEKİRDAĞ KOŞULLARINDAKİ İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN REFERANS BİTKİ SU TÜKETİMİ DEĞERLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Elif ARSLAN YILDIRIM

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Tolga ERDEM

Küresel iklim değişikliğinin su kaynakları üzerine olan etkisinin belirlenmesi önemlidir. Su kaynaklarının etkin kullanımında tarımsal sulama için gerekli su miktarlarının bu koşullar altında planlaması gerekmektedir. Bu çalışmada Tekirdağ ili-Süleymanpaşa ilçesi meteoroloji istasyonundan 2011-2020 yılları arası referans bitki su tüketimi (ET_0) hesaplaması için gerekli iklim verileri elde edilmiş ve değişim analizi gerçekleştirilmiştir. Araştırmada değişim analizleri Lineer Regresyon Testi, Mann-Kendall Testi ve Sen T Testi metotlarına göre gerçekleştirilmiştir. Değişim analizleri sonucunda referans bitki su tüketimi değerlerinin Haziran ve Temmuz aylarında azalan bir eğilimde olduğu ve bu azalmanın istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir. Referans bitki su tüketiminin hesaplanmasında kullanılan iklim parametrelerine yapılan değişim analizleri sonucunda, maksimum sıcaklık, ortalama bağıl nem ve ortalama güneşlenme süresi değerlerinin azalan bir eğilimde olduğu, minimum sıcaklık ve rüzgar hızı değerlerinin ise artan bir eğilimde olduğu saptanmıştır. Araştırmada ölçüm periyotlarındaki aylık yağış miktarlarının değişimi de incelenmiştir. Yapılan değişim analizleri sonucunda, aylık yağış miktarlarının azalan bir eğilimde olduğu ve özellikle Nisan, Eylül, Ekim ve Aralık aylarındaki değişimlerin istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçların bölge koşullarında gelecekteki tarımsal üretim planlamalarına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Değişim analizi, Penman-Monteith yöntemi, aylık yağış miktarı, su kaynakları

ABSTRACT

INVESTIGATION OF CLIMATE CHANGE IN TEKIRDAG CONDITIONS ON REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION

ELİF ARSLAN YILDIRIM

Department of Biosystem Engineering

MSc. Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Tolga ERDEM

It is important to determine the impact of global climate change on water resources. In the effective use of water resources, the amount of water required for agricultural irrigation should be planned under these conditions. In this study, the trend analysis of the climate data required for the calculation of reference evapotranspiration (ET_0) between 2011 and 2020 for the meteorology station of Tekirdağ -Süleymanpaşa District was carried out. Analysis of change in the study was carried out according to the methods of Linear Regression Test, Mann-Kendall Test and Sen T Test. As a result of the change analysis, it was determined that the reference evapotranspiration (ET_0) values had a decreasing trend in June and July and this decrease was statistically significant. As a result of the analysis of the changes in the climate parameters used in the calculation of reference evapotranspiration (ET_0), it was determined that the values of maximum temperature, average relative humidity and average sunshine duration were in a decreasing trend, while minimum temperature and wind speed values were in an increasing trend. In the study, the change in monthly precipitation amounts during the measurement periods was also examined. As a result of the analysis of the changes, it was determined that the monthly precipitation amounts have a decreasing trend and the changes especially in April, September, October and December are statistically significant. It is thought that the results obtained will contribute to the future agricultural production planning in the regional conditions.

Keywords: Trend analysis, Penman-Monteith method, monthly precipitation amounts, water resources

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER DİZİNİ.....	vii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
TEŞEKKÜR.....	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	2
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	11
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
2.1 Materyal	13
2.1.1 Araştırma Alanının Konumu ve Özellikleri.....	13
2.1.2 Genel İklim Özellikleri	14
2.1.3 Araştırma Yıllarına İlişkin İklim Verileri	17
2.1.4 Kullanılan Bilgisayar Programları	22
2.2 Yöntem.....	22
2.2.1 Referans Bitki Su Tüketiminin Hesaplanması (ET ₀).....	22
2.2.2 İklim Elemanlarının ve Referans Bitki Su Tüketimi Değerlerinin Değişim Analizlerinin Belirlenmesi	23
2.2.2.1 <i>Lineer Regresyon Testi</i>	23
2.2.2.2 <i>Mann-Kendall Testi</i>	24
2.2.2.3 <i>Sen'in T Testi</i>	25
3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	27
3.1 Referans Bitki Su Tüketimi Değerlerine (ET ₀) İlişkin Sonuçlar ve Değişim Analizleri.....	27
3.2 Minimum Sıcaklık Değerlerine İlişkin Değişim Analizleri	30
3.3 Maksimum Sıcaklık Değerlerine İlişkin Değişim Analizleri.....	32
3.4 Ortalama Bağıl Nem Değerlerine İlişkin Değişim Analizleri.....	34
3.5 Ortalama Rüzgar Hızı Değerlerine İlişkin Değişim Analizleri.....	36
3.6 Ortalama Güneşlenme Süresi Değerlerine İlişkin Değişim Analizleri	38
3.7 Aylık Yağış Miktarlarına İlişkin Değişim Analizleri	40
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	42

KAYNAKLAR	44
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Araştırma alanına ilişkin iklim değerlerinin uzun yıllar ortalamaları	16
Çizelge 2.2. Araştırmada kullanılan 2011 yılına ilişkin aylık ortalama meteorolojik veriler ..	17
Çizelge 2.3. Araştırmada kullanılan 2012 yılına ilişkin aylık ortalama meteorolojik veriler ..	18
Çizelge 2.4. Araştırmada kullanılan 2013 yılına ilişkin aylık ortalama meteorolojik veriler ..	18
Çizelge 2.5. Araştırmada kullanılan 2014 yılına ilişkin aylık ortalama meteorolojik veriler ..	19
Çizelge 2.6. Araştırmada kullanılan 2015 yılına ilişkin aylık ortalama meteorolojik veriler ..	19
Çizelge 2.7. Araştırmada kullanılan 2016 yılına ilişkin aylık ortalama meteorolojik veriler ..	20
Çizelge 2.8. Araştırmada kullanılan 2017 yılına ilişkin aylık ortalama meteorolojik veriler ..	20
Çizelge 2.9. Araştırmada kullanılan 2018 yılına ilişkin aylık ortalama meteorolojik veriler ..	21
Çizelge 2.10. Araştırmada kullanılan 2019 yılına ilişkin aylık ortalama meteorolojik veriler	21
Çizelge 2.11. Araştırmada kullanılan 2020 yılına ilişkin aylık ortalama meteorolojik veriler	22
Çizelge 3.1. Tekirdağ ili-Süleymanpaşa ilçesi aylık ve mevsimlik referans bitki su tüketimi değerleri (mm/ay)	28
Çizelge 3.2. Aylık ve yıllık referans bitki su tüketimi değerlerinin değişim analizi sonuçları	29
Çizelge 3.3. Minimum sıcaklık değerlerinin değişim analizi sonuçları	31
Çizelge 3.4. Maksimum sıcaklık değerlerinin değişim analizi sonuçları	33
Çizelge 3.5. Bağıl nem değerlerinin değişim analizi sonuçları	35
Çizelge 3.6. Rüzgar hızı değerlerinin değişim analizi sonuçları	37
Çizelge 3.7. Güneşlenme süresi değerlerinin değişim analizi sonuçları	39
Çizelge 3.8. Aylık yağış miktarlarının değişim analizi sonuçları.....	41

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Tekirdağ ilinin konumu	13
Şekil 2.2. Tekirdağ ili uzun yıllar sıcaklık-yağış ilişkisi	15
Şekil 3.1. 2011-2020 yılları arası aylık ortalama ET_0 değerlerinin değişimi	27
Şekil 3.2. 2011-2020 yılları arası yıllık ET_0 değerlerinin değişimi.....	30
Şekil 3.3. 2011-2020 yılları arası aylık ortalama minimum sıcaklık değerlerinin değişimi.....	30
Şekil 3.4. 2011-2020 yılları arası yıllık minimum sıcaklık değerlerinin değişimi	31
Şekil 3.5. 2011-2020 yılları arası aylık ortalama maksimum sıcaklık değerlerinin değişimi ..	32
Şekil 3.6. 2011-2020 yılları arası yıllık maksimum sıcaklık değerlerinin değişimi.....	33
Şekil 3.7. 2011-2020 yılları arası aylık ortalama bağıl nem değerlerinin değişimi.....	34
Şekil 3.8. 2011-2020 yılları arası yıllık ortalama bağıl nem değerlerinin değişimi	35
Şekil 3.9. 2011-2020 yılları arası aylık ortalama rüzgar hızı değerlerinin değişimi	36
Şekil 3.10. 2011-2020 yılları arası yıllık ortalama rüzgar hızı değerlerinin değişimi.....	37
Şekil 3.11. 2011-2020 yılları arası aylık ortalama güneşlenme süresi değerlerinin değişimi ..	38
Şekil 3.12. 2011-2020 yılları arası yıllık ortalama güneşlenme süresi değerlerinin değişimi..	39
Şekil 3.13. 2011-2020 yılları arası aylık yağış miktarı değerlerinin değişimi	40
Şekil 3.14. 2011-2020 yılları arası yıllık yağış miktarı değerlerinin değişimi	41

SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
γ	Psikrometrik sabite
'	Dakika
<	Küçüktür işareti
>	Büyüktür işareti
Δ	Doygun buhar basıncı eğrisinin eğimi
\geq	Büyük eşit işareti
°	Derece
e_a	Doygun buhar basıncı
e_d	Gerçek buhar basıncı
ET	Bitki su tüketimi
ET ₀	Referans bitki su tüketimi
ET _c	Bitki su tüketimi
G	Topraktaki ısı akımı
h	Saat
km	Kilometre
km ³	Kilometreküp
kPA	Kilopascal
m	Metre
m ²	Metrekare
MJ	Megajoule
mm	Milimetre
n	Günlük güneşlenme süresi
°C	Santigrat derece
P	Ortalama aylık yağış miktarı
RH _{min}	Minimum bağıl nem
RH _{ort}	Ortalama bağıl nem
s	Saniye
T	Ortalama sıcaklık
T _{max}	Maksimum sıcaklık
T _{min}	Minimum sıcaklık

u Rüzgar hızı
u₂ 2 metre yükseklikteki rüzgâr hızı



KISALTMALAR DİZİNİ

CBS	Coğrafi bilgi sistemleri
CUSUM	Cumulative Sum-Kümülatif Toplam
FAO	Food and Agriculture Organization-Gıda ve Tarım Örgütü
IDW	Ters mesafe aralıklı enterpolasyon yöntemi
IPCC	The Intergovernmental Panel on Climate Change-Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
RDI	Keşif kuraklık indeksi
RegCM3	Bölgesel iklim modeli
SWMHMS	Small Watershed Monthly Hydrologic Modeling System-Küçük Havza Aylık Hidrolojik Modelleme Sistemi

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimin süresince her konuda destek olan, deneyim ve bilgisinin yanı sıra insanlık adına da kendisinden çok şey öğrendiğim değerli hocam Prof. Dr. Tolga ERDEM'e, tez çalışmamın tamamlanmasında bana her konuda desteğini sağlayan bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan Biyosistem Yük. Müh. Buse SALBAŐ'a sonsuz teşekkür ederim.

Elif ARSLAN YILDIRIM

Ziraat Mühendisi



1. GİRİŞ

İklim değişikliği nedeniyle su kaynaklarında küresel ısınmaya bağlı su potansiyelinin azalması, tarımsal üretimi olumsuz yönde etkilemektedir. Diğer yönden küresel ısınma kurak ve yarı kurak alanlarda genişleme, yıllık ortalama sıcaklık değerlerinde artış, tarım alanlarında çölleşme, tuzlanma ve erozyon gibi sorunlara neden olmaktadır. Mevsimlik kar ve kar örtüsünün kapladığı alanların azalması, karla örtülü dönemlerin kısılması ve kar erimesinden kaynaklanan su hacmindeki değişiklikler, su kaynaklarını, tarımı, ulaştırma ve enerji sektörlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bunlara ek olarak; küresel ısınma, buzulların erimesi, deniz düzeyinin yükselmesi, iklim kuşaklarının kayması gibi etkilere de sebep olmaktadır (Türkeş, Sümer ve Çetiner, 2000; Kanber, Baştuğ, Büyüktaş, Ünlü ve Kapur, 2010). Deniz suyunun ısınması başta balıkçılık olmak üzere, deniz ve okyanuslarda yaşayan pek çok türün yaşamını değiştirmektedir. Sıcaklık rejimindeki değişiklikler, yağmur, kar yağış zaman-miktarını ve dolayısıyla yeraltı ve yerüstü su miktarının değişimine neden olmaktadır. Sıcaklıktaki artış buharlaşmayı hızlandıracak ve bu durum da sulama suyu hacminin düşmesine sebep olmaktadır. Asya, Afrika ve Amerika kıtalarındaki büyük kuyular ve akiferler kurumakta, taban suyu seviyeleri düşmekte, sulak ve bataklık alanlar giderek yok olma tehdidi altındadır. Diğer yandan buharlaşmanın artması sonucu yeryüzünde daha önemli bir havanın hâkim olması ve buna bağlı olarak yağışlarda artış beklenmektedir. Aşırı yağış koşulları, sel ve su taşkınları riskini de ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca yağışların çoğaldığı bölgelerde aşırı sıcaklık nedeniyle buharlaşmadaki artış kuraklaşmaya de sebep olmaktadır.

Dünyadaki toplam su miktarı 1,4 milyar km³ olup, bu suyun %97,5'i tuzlu su, geriye kalan %2,5'i tatlı su kaynaklarıdır. Dünyadaki nüfus artışı ile birlikte kişi başına kullanılabilir su miktarı da giderek değişmektedir. Temiz ve içilebilir su kaynaklarının kirlenmesi ile birlikte her geçen gün su kıtlığı ortaya çıkacaktır. Su en fazla tarım, sanayi ve enerji üretiminde tüketilmektedir. Sıcaklık ve nüfus artışına bağlı olarak suya olan küresel talebin artması, su konusunda etkin politikalarının gerçekleştirilmesini önemli hale getirmektedir (Bayraç ve Doğan, 2016).

Hidrolojik döngünün en önemli parametrelerinden biri olan evapotranspirasyon (ET), bitki su tüketimi, sulama sistemlerinin projelendirilmesi, sulama programlarının hazırlanması ve hidrolojik çalışmalarda kullanılması yönünden önemlidir. Bu nedenle ET'nin doğru olarak belirlenmesi çevrenin korunması, su dengesi, sulama sistemlerinin tasarımı ve su kaynaklarının yönetimi için dikkate alınmalıdır. Bitkisel üretimde yetersiz ve gereğinden fazla uygulanan

sulama suyu miktarı toprağı, bitkinin morfolojik ve anatomik gelişimini, dolayısıyla da verimini, gübre gibi üretim girdilerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu nedenlerle, kaliteli ve yüksek verimde ürün elde edilebilmesi için bitki su tüketimi dikkate alınarak en uygun sulama programının oluşturulması gerekmektedir (Bircan ve Kızıl, 2021).

Evapotranspirasyon, bitki tarafından yapılan terleme (transpirasyon) ve toprak yüzeyinden olan buharlaşma (evaporasyon) sonucu atmosfere verilen toplam su buharı olarak tanımlanmaktadır. Doğrudan lizimetreler ile belirlenebildiğı gibi iklimsel veriler kullanarak çeşitli ampirik yöntemlerle de tahmin edilebilmektedir. Lizimetreler ET tahmininde en doğru ve güvenilir yöntemlerdir ancak uygulaması zor ve oldukça pahalı bir yöntemdir (Karaca, Büyüктаş, Baştuğ, Aydınşakir ve Tekelioğlu, 2017). Dolayısıyla, ET hesabında kullanılan eşitlikleri, referans bir bitkinin evapotranspirasyon (ET_0) değerlerini kullanarak standartlaştırma fikri ortaya atılmıştır (Jensen ve Wright, 1971).

İklim değişikliğinden etkilenen sıcaklık parametresi önemli ölçüde artmakta ve diğer meteorolojik parametreler de küresel veya bölgesel olarak değişiklik eğilimi göstermektedir. Bu durum doğal ekosistemlerin ve tarımsal üretimin gelişimine geniş kapsamlı etkiler getirmiştir. Referans bitki su tüketimi (ET_0), sulama araştırmalarına ilişkin çalışmalarda temel verileri oluşturan meteorolojik verilere dayalı bir parametredir. İklim değişikliği altındaki bölgelerin referans bitki su tüketimi alansal dağılım özelliklerini incelemek, bitki su ihtiyacını tahmin etmek, su döngüsünü araştırmak, su kaynaklarını değerlendirmek, sulama planlaması ve yönetimi için yol gösterici öneme sahiptir (Zhang, Zheng, Lu, Jia ve Huang 2018, Arabi, 2021).

Yürütülen çalışmada Tekirdağ ili-Süleymanpaşa ilçesi meteoroloji istasyonu için 2011-2020 yılları arası referans bitki su tüketimi (ET_0) hesaplaması için gerekli iklim verilerini kullanarak ET_0 değerlerinin aylık ve yıllık değişiminin analizi gerçekleştirilmiştir.

1.1 Literatür Özeti

Yürekli, Ünlükara ve Safi (2010) gerçekleştirdiğı araştırmada Kayseri ilinin, Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization - FAO) 56 Penman-Monteith ilişkisinden yararlanılarak aylık referans bitki su tüketimlerine bağlı olarak k-referans periyotları (k_1 , Ocak-Mart; k_2 , Ocak-Haziran; k_3 , Ocak-Eylül; k_4 , Ocak-Aralık) için elde edilen toplam ET_0 değerlerinde meydana gelen değişimini saptamışlardır. Bu amaçla, Kayseri meteoroloji istasyonunda 1975-2009 yıllarında ölçülmüş olan meteorolojik unsurlara göre hesaplanan

mevsimsel ET_0 değerlerine parametrik Birim Kök testi ile, non-parametrik Kruskal-Wallis ve Levene testleri uygulanmıştır. Birim kök testi, k-referans periyotları için elde edilen mevsimsel ET_0 değerlerinde trendin olmadığını göstermiştir. Kruskal-Wallis ve Levene testini uygulamak için mevsimsel ET_0 serileri u alt seriye ayrılmıştır. Kruskal-Wallis ve Levene testleri alt seriler arasında medyan ve varyans açısından farkın olmadığını göstermiştir.

Dinpushoh, Jhajharia, Fakheri-Fard, Singh ve Kahya (2011) İran'da yürüttükleri araştırmada referans bitki su tüketimini değerlerini FAO Penman-Monteith yöntemi ile aylık ve yıllık olarak hesaplamışlardır. Ayrıca ET_0 serilerindeki eğilimleri bulmak amacıyla meteorolojik verilerin her birine regresyon analizi uygulamışlardır. Araştırma sonucunda, İran'da ET_0 değerlerinin eğilimlerini etkileyen en önemli meteorolojik parametrenin rüzgâr hızı olduğunu belirtmişlerdir.

nlkara, Yürekli, Aküzüm, rs ve Safi (2011) gerçekleştirdikleri araştırmada Konya ve Karaman illerinde 1975-2009 yılları arasındaki meteorolojik verilerden yararlanarak her yılın referans bitki su tüketim değerini Penman-Monteith yöntemi kullanarak tahmin etmişler ve referans bitki su tüketim (ET_0) değerlerinde yıllara göre bir değişim olup olmadığını araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, birim kök testi sonuçlarının Konya ilinde ilk u ay ve Karaman ilinde ise ilk beş ay için elde edilen serilerde trendin olmadığını gösterdiğini, trendin olduğu ayların kümülatif ET_0 serilerine uygulanan non-parametrik testler, bazı aylar için birim kök testi sonuçlarını teyit ederken bazı aylarda ortalama ya da varyans açısından değişimin olmadığını belirtmişlerdir.

Croitoru, Piticar, Dragota ve Burada (2011) Romanya'da referans bitki su tüketiminde oluşan değişimleri inceledikleri bir araştırma yürütmüşlerdir. Araştırmada Romanya'da bulunan 57 meteoroloji istasyonuna ait 1961-2007 yılları arasındaki iklim verilerini kullanmışlardır. Yaptıkları araştırmada ET_0 'da Romanya'nın Güney ve Güneydoğu Bölgelerinde bir artışın olduğunu, Romanya'nın merkezinde ise bir azalışın olduğunu, incelenen istasyonların %72'sinde pozitif yönde bir eğimin olduğunu, pozitifin eğimin bulunduğu istasyonların ise %30'undaki pozitif yöndeki eğimin istatistiki olarak önemli olduğunu açıklamışlardır.

Irmak, Kabenge, Skaggs ve Mutiibwa (2012) birçok iklim elemanındaki değişim nedeniyle referans bitki su tüketimi (ET_0) değerlerinin etkilendiğini ve gelecekte de etkileneceğini bildirmektedirler. Bu nedenle ABD Nebraska'da Platte Nehir Havzasında 1893-

2008 yılları arasındaki 116 yıllık periyot için referans bitki su tüketimine iklim verilerinin etkisi incelenmiştir. Araştırma sonucunda, referans bitki su tüketimi değerlerinin yağış ve bağıl nem değerleri ile ters orantılı olduğu, ancak ortalama sıcaklık, maksimum sıcaklık, buhar basıncı açığı, solar radyasyon ve net radyasyon değerleri ile doğrusal olarak önemli düzeyde arttığı belirtilmiştir.

Anlı (2014) yürüttüğü araştırmada Güneydoğu Anadolu Bölgesinde referans bitki su tüketiminin (ET_0) zamansal değişimi ve RDI (Keşif Kuraklık İndeksi) yöntemiyle meteorolojik kuraklık analizini gerçekleştirmiştir. Bölgedeki illere ait referans bitki su tüketimi Penman-Monteith yöntemiyle tahmin edilmiş ve bir yıl dört döneme (k_1 , k_2 , k_3 ve k_4) ayrılmıştır. Dört döneme göre referans bitki su tüketiminin zamansal değişimi parametrik Dickey-Fuller ve parametrik olmayan Mann Whitney U testleri ile analiz edilmiştir. Sonuç olarak referans bitki su tüketiminde zaman içinde önemli artan eğilimlerin olduğu saptanmış ve illerdeki meteorolojik kuraklığı tahmin etmek için uygulanan RDI yöntemine göre bölgede genelde hafif kuraklığın egemen olduğu ve önemli sayıda da orta ve şiddetli kuraklığın meydana geldiğini belirtmiştir.

Goyal (2014) yürüttüğü araştırmada sera etkisine bağlı küresel ısınmanın bazı bölgelerin ikliminde büyük değişikliklere neden olacağını ve iklimdeki değişikliğin hidrolojik döngü üzerinde derin bir etkisini ortaya çıkaracağını belirtmiştir. Yağış, evapotranspirasyon, toprak nemi vb. hidrolojik döngünün ana bileşeni olan evapotranspirasyon (ET), bitki su ihtiyacını ve su kaynaklarının gelecekteki planlamasını ve yönetimini etkileyeceğini bildirmiştir. Çalışmada Rajasthan'ın (Hindistan) kurak bölgeleri için evapotranspirasyonun küresel ısınmaya duyarlılığını incelenmiştir. Araştırmada referans bitki su tüketiminin hesaplanmasında (ET_0) Penman-Monteith eşitliği kullanılmış ve ET'nin duyarlılığı, normal uzun vadeli 32 yıllık (1971-2002) meteorolojik parametrelerden olası $\pm\%20$ aralığında sıcaklık, güneş radyasyonu, rüzgar hızı ve buhar basıncındaki değişiklik açısından incelenmiştir. Çalışma sonucunda sıcaklıktaki $\%20$ 'lik bir artışla (maksimum 8°C) toplam ET değerinde $\%14,8$ 'lik bir artışın olacağını önermektedir. Küresel ısınma nedeniyle ET talebindeki marjinal bir artışın gelecekteki su kaynaklarının geliştirilmesini planlarken, planlamacıların/kullanıcıların önemle dikkate alması önerilmiştir.

Ngesa (2014) gerçekleştirdiği araştırmada Kenya'nın Embu bölgesindeki iklim değişikliğinin mısır, kuru fasulye ve ayçiçeği bitkilerinin su tüketimi üzerindeki olası etkilerini incelemiştir. Araştırmada CROPWAT 8 programında küresel iklim modellerinden istatistiksel

yöntemlerle elde edilen iklim verileri kullanılmıştır. IRSIS modeli kullanılarak sırasıyla kısıntılı sulama koşulları altında (%75, %50 ve %25) üç bitkinin verimleri hesaplanmıştır. İklim veri seti gözlem yapılan 1979-2000 dönemini kapsamakta olup gelecekteki iki iklim seti 2046-2065 ve 2081-2100 dönemini kapsamaktadır. CROPWAT sonuçlarına göre fasulyenin su ihtiyacının 2046-2065 döneminde %6,2 artarken bu 2081-2100 döneminde ise %10,9 artış gösterdiği belirlenmiştir. GFDL CM 2.0 A2 modeline göre yine bu dönemlerde bitki su tüketimi değerleri 21,7 mm ve 38,4 mm daha fazla bulunmuştur. GFDL CM 2.0 A2 sonuçları kullanılarak yapılan hesaplamalarda ise bu değerler sırasıyla sulama suyu ihtiyacı (SSİ) bakımından 25,1 mm azalmanın olacağı hesaplanmıştır. GFDL CM 2.0 B1 2080'li yıllarda fasulye bitkisinin bitki su tüketimi ihtiyacı (STİ) bakımından 23,9 mm olarak en yüksek artışa sahip olacağı tahmin edilmiştir. 2040'lı yıllarda GFDL CM2.0 A2 modeli, bitki STİ bakımından en yüksek artışı 36,7 mm ile mısır bitkisinde göstermiştir. Mısır için SSI GFDL CM 2.0 A2 modelinde 2040 ve 2080'li yıllarda sırasıyla 113,8 mm ve 116,6 mm ile en keskin azalışı göstermiştir. IPSL CM4 A2 modeli, ayçiçeği bitkisinde 2040 ve 2080'li yıllarda bitki su ihtiyacı bakımından sırasıyla 25,6 mm ve 41,6 mm ile en yüksek artışı göstermiştir. Buna karşılık 2080'li yıllarda GFDL CM 2,0 B1 modeli en büyük azalmayı 80,8 mm ile gösterirken, GFDL CM 2.0 A2 modelinde SSİ 2040'lı yıllarda 79,3 mm ile azalma göstermiştir.

Deveci (2015) Çorlu Pınarbaşı Havzası için olası iklim değişikliğini, iklim değişikliğinin su kaynaklarına, toprak nemine ve bölgenin iki önemli bitkisi olan buğday ve ayçiçeği verimine olan etkilerini incelemiştir. İklim değişikliğinin tahmininde RegCM3 Bölgesel İklim Modeli, referans ve A2 senaryosu çıktıları kullanılmıştır. 1970-1990 yılları için araştırma alanından ölçülen sıcaklık ve yağış verileri ile model referans verileri karşılaştırılarak 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları için sıcaklık ve yağış değişimi tahmin edilmiştir. İklim değişikliğinin yüzey su kaynakları üzerine etkisinin belirlenmesinde Küçük Havza Aylık Hidrolojik Modelleme Sistemi (Small Watershed Monthly Hydrologic Modeling System-SWMHMS) kullanılarak, araştırma alanında 1989-2007 yılları arası ölçülen ve modellenen akım değerleri karşılaştırılarak model kalibre edilmiş ve gelecek üç dönem için akım değerleri tahmin edilmiştir. Araştırma alanında iklim değişikliğinin toprak nemi ve verim üzerine etkilerini tespit etmek için sırasıyla SWAP Model ve AquaCrop Model kullanılmıştır. Her iki modelde de 2012 yılı içinde ölçülen toprak profili nem değerleri ve verim değerleri, modellenen değerler ile kalibre edilmiş, daha sonra gelecek yıllar için toprak nem profili ve verim değerleri kestirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre araştırma alanında, 1970-1990 yıllarına göre, 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları arasında sıcaklıkların sırası ile 0,12°C, 1,43°C, 3,05°C

artacağı, yağışların ise 2016-2025 yılları arasında %9 artacağı, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları arasında ise sırası ile %14 ve %12 azalacağı tahmin edilmiştir. İklim değişikliğine bağlı olarak, akım miktarında %57'ye varan azalmaların olacağı tahmin edilmiştir. Ayçiçeği ve buğday gelişme dönemleri dikkate alındığında iklim değişikliğinin verimi etkileyecek düzeyde toprak nem değişimine neden olmayacağı belirlenmiştir. İklim değişikliği ile birlikte, 2012 yılına göre ortalama ET_0 değerlerinin 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları arasında sırasıyla %7, %20 ve %33 artacağı tahmin edilirken; ayçiçeği veriminde önce %9,4'e kadar artış daha sonra %22'ye kadar azalma; buğday veriminde ise vejetasyon dönemi kısalımı dikkate alınmadan %50'nin üzerinde verim artışları gözleneceği tahmin edilmiştir.

Feng, Cui, Zhao, Gong ve Zhang (2017) iklim değişikliği ve insan davranışlarının su kaynakları yönetimini önemli hale getirdiğini belirterek, Güneybatı Çin Bölgesinde referans bitki su tüketimi (ET_0) zamansal ve mekânsal olarak değişiminin izlenmesinin önemli olduğunu vurgulamışlardır. Araştırmada, 1954-2013 yılları arası için Güneybatı Çin Bölgesinde bulunan 119 meteoroloji istasyonundan elde edilen iklim verilerinden Penman-Monteith yöntemi ile hesaplanan ET_0 değerleri incelenmiştir. Elde edilen değerler Mann-Kendal Testi, Doğrusal Eğilim Testi ve Morlet Analizi gibi testlerle değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda, 60 yıllık değerler bazında yıllık güneşlenme süresi, bağıl nem, rüzgâr hızı ve yağış miktarı değerleri azalırken sıcaklık değerlerinin arttığı bildirilmiştir. ET_0 değerinin on yılda bir 1,5 mm veya sırasıyla ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış ayları için sırasıyla on yılda 0,4, 0,7, 0,3 ve 0,1 mm oranında azaldığı belirtilmiştir. Ayrıca en düşük ve en yüksek ET_0 değerlerinin hem yıllık hem de bahar aylarında Kuzeydoğu ve Güneybatı bölgeleri için hesaplandığı açıklanmıştır.

Ahmad ve Choi (2018) Pakistan'da Chenab kanalı yukarı yönetim bölgesinde 1980-2012 yılları arasındaki 33 yıl boyunca kaydedilen iklim verilerinin FAO Penman-Monteith referans bitki su tüketimine etkisini inceledikleri ve iklim verilerindeki, referans bitki su tüketimindeki trendi analiz ettikleri bir araştırma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada aylık ortalama maksimum ve minimum sıcaklıklarda istatistiki olarak önemli bir artışın, günlük güneşlenme saati ortalamaları ve net solar radyasyonda ise istatistiki olarak önemli bir azalışın olduğunu, bağıl nem ve rüzgâr hızında da bir artışın olduğunu dolayısı ile bu artışların ET_0 'da çok az bir artışa sebep olduğunu ancak bu artışların istatistiki olarak önemli olmadığını bildirmişlerdir.

Zhang vd., (2018) Çin-Hangjiahu bölgesinde yapmış oldukları çalışmada, 6 adet meteoroloji istasyonundan aldıkları 50 yıllık iklim verilerinin, Penman-Monteith denkleminde

yerlerine koyularak ET_0 değerlerini hesaplamışlardır. Mekânsal analiz fonksiyonu için IDW enterpolasyon yöntemi ile haritalar oluşturmuşlardır. Araştırma sonucunda, ET_0 ortalama değerlerinin 811,2 mm ile 1.039,9 mm arasında değiştiğini ve çalışma alanının doğusundan batıya doğru değerlerin düştüğünü bulmuşlardır. Ayrıca dağlık alanların diğer alanlara göre ET_0 değerlerinin daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir.

Amarkai (2019) Konya ovasında dört meteoroloji istasyonundan 10 yıllık periyotta toplanan verileri kullanarak, iklim parametrelerindeki değişimlerin ovada yetiştirilen bazı bitkilerin su tüketimi üzerine etkilerini araştırmıştır. Araştırma sonucunda, FAO Penman-Monteith metodu ile diğer metotların her biri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklar olduğunu belirlenmiştir. Çalışmada bölgede yaygın olarak yetiştirilen şeker pancarı, mısır (tane), ayçiçeği, kuru fasulye ve buğday olmak üzere beş farklı ürünün su tüketimi hesaplanmıştır. Radyasyon eşitliğine göre hesaplanan ET_c değerlerinin, istasyonların çoğunda diğer yöntemlere göre hesaplanan ET_c değerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Akşehir'de Radyasyon denklemi kullanılarak elde edilen kuru fasulye ET_c değeri 501 mm ile 679 mm, Beyşehir'de 544 mm ile 727 mm, Cihanbeyli'de 679 mm ile 738 mm, Ereğli'de 725 mm ile 767 mm arasında değiştiği bulunmuştur. Tüm istasyonlarda 10 yıllık periyot boyunca en düşük ET_c değerleri ASCE Penman-Monteith eşitliği ile hesaplanan ET_c değerlerinden elde edilmiştir. Büyük ölçüde minimum ve maksimum bağlı neme bağlı olan Blaney Criddle formülü ile hesaplanan ET_c değerleri, birçok lokasyonda FAO56 Penman-Monteith ve Hargreaves-Samani eşitlikleri ile hesaplanan ET_c değerlerinden daha yüksek çıkmıştır.

Cömert, Yürekli ve Erdoğan (2019) Tokat ilinin 1970-2017 yılları arasındaki aylık, mevsimlik ve yıllık referans bitki su tüketimini (ET_0), FAO Penman-Monteith yöntemine göre hesaplamışlardır. Ayrıca, hesaplanan bitki su tüketimi değerlerinin trendi parametrik (lineer regresyon) ve non-parametrik (Mann-Kendal, Spearman's Rho) testler ile incelemişlerdir. Araştırma sonucunda yıllık referans bitki su tüketimi değerlerinin bir trendi olmadığı yani yıllık ET_0 serisinde herhangi bir değişim olmadığını bildirmişlerdir.

Yürekli (2019) gerçekleştirdiği araştırmada, iklim değişkenliğinin Orta Anadolu iklim kuşağında referans bitki su tüketimine (ET_0) etkisini yıllar bazında incelemiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan 43 yıllık (1970-2012) tarihsel iklim verisi beş meteoroloji istasyonu için ET_0 değerini hesaplamak amacıyla kullanıldığı ve ET_0 veri setindeki değişimin CUSUM istatistik tekniğiyle değerlendirildiği belirtmiştir. Araştırma sonucunda, Ankara ve

Konya meteoroloji istasyonlarında ET_0 değerlerinde istatistiki açıdan önemli değişiklikler elde edildiğini açıklamıştır.

Yassen, Nam ve Hong (2020) Mısır koşullarında yürüttükleri araştırmada yıllık ve aylık referans evapotranspirasyon (ET_0) değişikliklerinin mekânsal dağılımını ve zamansal eğilimlerini belirlemişlerdir. Araştırma sonucunda referans evapotranspirasyonun mekânsal dağılımında önemli değişikliklerin 1980'lerden başlayarak son 35 yılda meydana geldiği belirtilmiştir. Güneydoğu Bölgeleri, Nil Deltası ve Vadisindeki eski tarım arazileri ile kuzeybatı bölgeleri en çok etkilenen bölgeler olduğu açıklanmıştır. Bununla birlikte, Batı öl Bölgesinin iklim değişikliğinden en düşük etkiyi gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, Kasım-Şubat ayları arasındaki kış mevsimi, iklim değişikliğinden en düşük etkiyi gösterirken, yaz mevsiminde, özellikle Haziran-Ekim ayları arasında en yüksek önemli farklılıkların meydana geldiği açıklanmıştır. Son beş yıl (2013-2017), önceki 5 yıla (2008-2012) göre önemli bir düşüş göstermiş ve önceki dönemlere göre (1983-2007) nemli bir artış göstermiştir. Bu nedenle, Mısır koşullarında Batı öl Bölgesinin tarımsal genişleme için daha uygun olacağı açıklanmıştır. Ayrıca, yaz mevsiminde yapılan tarım ve sulama faaliyetleri, iklim değişikliğinin su kaynakları yönetimi üzerindeki etkisine göre planlanması gerektiği üzerinde durulmuştur.

Hu vd., (2021) su kaynaklarının sürdürülebilir ve verimli kullanımını sağlamak için referans evapotranspirasyondaki (ET_0) değişimi ve onu etkileyen faktörleri incelemek büyük önem taşıdığını belirtmişlerdir. Bu amaçla yürüttükleri araştırmada Çin'in Heilongjiang Eyaletindeki 1951-2018 yılları arasında eltik ekim alanlarındaki değişiklikler ve referans bitki su tüketimi arasındaki ilişkileri trend analizleri ile değerlendirmişlerdir. Araştırma sonucunda eltik alanlarının artması ve iklim değişikliğinin referans bitki su tüketimi (ET_0) değerlerinin yıllar bazında azalma eğiliminde olduğunu belirtmişlerdir.

Oliveria vd., (2021) Brezilya koşullarında gerçekleştirdikleri araştırmada ülkenin güney kesimlerinde meydana gelen arazi kullanımı ile arazi örtüsü değişikliklerinin son yıllarda su ve enerji dengesini değiştirdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, bitkilerin su ihtiyacının hesaplanmasında önemli bir gösterge olan referans bitki su tüketimi değerinin iklim değişikliğinde etkilenen önemli bir parametre olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle yürüttükleri araştırmada Brezilya Güney Amazon havzasında dört farklı rotasyonda ortalama 20 yıllık iklim verileri (güneşlenme süresi, hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, bağıl nem ve yağış) incelenerek referans bitki su tüketiminin değişimini değerlendirmişlerdir. İklim parametrelerinin değişim trendlerinin incelenmesinde Mann-Kendall Trend Analiz Metodu ve Lineer Regresyon Analizleri kullanılmıştır. Araştırma

sonunda, referans bitki su tüketimi değerlerinin (ET_0) sadece Camarana Bölgesinde yıllık 8,4 mm ile negatif değişme eğilimde olduğu ve en fazla etkileyen iklim parametresinin güneşlenme süresi olduğu açıklanmıştır.

Selçuk (2021) Malatya il sınırları içerisinde bulunana 17 meteoroloji istasyonundan alınan iklim verilerini kullanarak 1959-2019 yıllarının aylık ET_0 miktarlarını FAO Penman-Monteith yöntemi ile hesaplamıştır. Araştırma sonucunda, ET_0 değerlerinin son yıllarda %3 arttığı ortaya koyulmuştur. Yıl içerisinde en yüksek ET_0 değerinin Ağustos ayında görüldüğü gözlenmiştir. Altmış yıllık Ağustos ayı ortalama ET_0 değeri 6,8 mm/gün iken Malatya meteoroloji istasyonu tarafından son yılın değeri 7,9 mm/gün, son on yıllık ortalama 7,5 mm/gün, son yirmi yıllık ortalama 7,3 mm/gün olarak tespit edilmiştir. Tüm istasyonların ortalaması 7,7 mm/gün olarak belirlenmiştir. Özellikle bitki su ihtiyacının arttığı ve sulama dönemine girildiği Mayıs-Ağustos ayları içerisinde gerçekleşen ET_0 artışı, su ve enerji kaynaklarının daha akılcı planlanması gerektiğini göstermiştir.

Wu, Xu, Peng ve Chen (2021) referans bitki su tüketimi (ET_0) değerinin tarımsal üretim ve hidrolojik döngü için önemli olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca ET_0 değerinin doğru olarak belirlenmesinin özellikle kurak koşullarda mevcut sulama suyunun planlamasında kullanılabileceği bildirilmiştir. Çin'in Tarım Nehri Havzasında yürüttükleri araştırmada farklı zaman ölçeklerindeki ET_0 değişimlerini analiz etmişlerdir. Araştırmada, ET_0 değerleri Penman-Monteith yöntemi ile hesaplanmıştır. Araştırma sonucunda ET_0 değerlerinin 0,49 oranında azaldığını ve bu azalmada maksimum sıcaklık, bağıl nem ve rüzgar hızının önemli etki gösterdiği açıklanmıştır.

Arabi ve Candoğan (2022) gerçekleştirdikleri araştırmada Marmara Bölgesinde bulunan 18 meteoroloji istasyonu için 1990-2020 yılları arası aylık iklim verilerini kullanmış ve FAO Penman-Monteith yöntemi ile yıllık toplam ET_0 değerleri tahmin edilerek alansal ve zamansal değişimlerini değerlendirmişlerdir. Bu amaçla, her bir istasyon için parametrik olmayan Mann-Kendall testi ve Sen yöntemi kullanılarak yıllık toplam ET_0 eğilimleri belirlenmiş ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yöntemi kullanılarak da ET_0 haritaları hazırlanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, yıllık toplam ET_0 değerleri 742,3-1.440,7 mm arasında değişim göstermiştir. Edirne, Kocaeli, Sakarya, Bozcaada, Çanakkale, Kırklareli, Uzunköprü, Tekirdağ, İpsala ve Dursunbey istasyonları için ET_0 değerlerinde istatistiksel olarak önemli artış eğilimleri belirlenirken, Kumköy-Kilyos ve Keles istasyonları için eğilimler önemli düzeyde azalan yönde olmuştur. Bununla birlikte, Bandırma, Bursa, Şile, Florya ve

Gönen istasyonları için gerçekleşen ET_0 artış eğilimleri ile Bilecik için belirlenen azalış eğilimi istatistiksel olarak önemli olmamıştır. Yıllık ortalama ET_0 haritası değerlendirildiğinde, Marmara Bölgesi'nin batı kesimlerinde (Edirne'nin güneyi, Balıkesir'in batısı ve Çanakkale) ET_0 yüksek değerlere ulaşmıştır. Bölgenin kuzey kesimlerinde; Kırklareli ve Tekirdağ'ın doğusunda ve bölgenin doğu kesimlerinde; İstanbul'un doğusu, Kocaeli ve Sakarya'da ET_0 değerleri düşmüştür. Ayrıca Kırklareli, Tekirdağ'ın doğusu, Kocaeli ve Sakarya'da uzun yıllar ortalama ET_0 değerleri düşük bulunurken, bu illerde ki meteoroloji istasyonları verilerinden hesaplanan yıllık toplam ET_0 değerlerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde artış eğilimleri belirlenmiştir

Mohamed Jille (2022) tarafından gerçekleştirilen araştırmada Konya ili Ereğli ilçesinde bulunan Ereğli Meteoroloji İstasyonunda 1990-2020 yılları arasında kaydedilen, minimum ve maksimum sıcaklıklar, minimum, maksimum ve ortalama bağıl nem, rüzgar hızı, günlük güneşlenme süresi gibi meteorolojik verilerinin Mann-Kendall ve Sen'in trend eğim metotları ile analizleri yapılarak yıllar içindeki değişimleri belirlenmiştir. Ayrıca aynı veriler kullanılarak FAO Penman-Monteith yöntemine göre günlük ve mevsimlik referans bitki su tüketimleri ET_0 hesaplanarak, ET_0 değerlerinin yıllar içindeki farklılıkları tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda, günlük minimum sıcaklıkların aylık ortalamasında (T_{min}) bir artış eğiliminin olduğu, günlük maksimum sıcaklıkların aylık ortalamasında istatistiki anlamda bir değişim olmadığı, 2 m yükseklikteki rüzgar hızlarının aylık ortalamasında azalış eğiliminin olduğu, günlük güneşlenme oranları ortalamasında istatistik olarak önemsiz olduğu, minimum nispi nem değerlerinin aylık ortalamasında (RH_{min}) azalış eğilimin olduğu, ortalama nispi nem değerlerinin aylık ortalamasında (RH_{ort}) bütün aylarda azalışın olduğu, günlük ET_0 değerlerinde Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül aylarında bir artış eğilimin olduğu, ancak bu artış eğilimin Şubat ayı hariç diğer aylarda istatistiki olarak önemsiz olduğu, Şubat ayındaki artışın ise %5 seviyesinde önemli olduğu, aylık ET_0 değerlerindeki trendin istatistiki olarak önemli olmadığı sonucuna varılmıştır.

Özler (2022) gerçekleştirdiği araştırmada 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 (ET_0) değerlerindeki değişimin belirlenmesini amaçlamıştır. Bu nedenle elde edilen 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 varyans farklılığın istatistik açıdan önemli olup olmadığı değerlendirilmiştir. 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. Araştırma sonucunda, YTA sonuçları ET₀ serilerinin yaklaşık %32'nde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca bu değerler MK testinde %16, SR testinde %20 ve LR testinde ise %13 olduğu açıklanmıştır.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

İklim-toprak-besin birleşiminin doğru bir şekilde yönetilmesi bitkinin morfolojik, anatomik ve fizyolojik olarak gelişiminin tamamlanmasına yardımcı olmakla birlikte verim değerlerinin de o koşullar altında en uygun seviyeye çıkmasını sağlamaktadır. Tarımsal üretimlerde bitki veriminin hesaplanması hem gıda güvenliği hem de ülke ekonomisi açısından son derece önemlidir. Ancak çok hassas bir ekosisteme sahip olan tarım sektörü iklim değişikliğinden olumsuz olarak etkilenmektedir (Kadıoğlu, Ünal, İlhan ve Yürük, 2017). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (The Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) 5 Değerlendirme Raporunda (AR5) Türkiye'nin de içinde bulunduğu Akdeniz Havzası'nın sıcaklık artışı ve kuraklıktan en çok etkilenecek bölgelerden biri olduğu, bununla birlikte yağış rejiminde meydana gelecek değişimlerin ve aşırı hava olaylarının tarımsal üretimi gelecekte olumsuz etkileyeceği vurgulanmaktadır (The Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2014).

İklim değişikliğinin bölgenin tarımsal üretimine etkilerinin azaltılması bilinçli bir tarımsal üretim politikasının uygulanmasını gerektirir. Ekmeklik buğday, arpa, ayçiçeği ve kanola Trakya Bölgesi'nde olduğu gibi dünyada çok geniş alanlarda ve farklı ekolojilerde yetiştiriciliği yapılmaktadır. Bu nedenle her üretim yılında farklı biyotik ve abiyotik stres faktörlerine maruz kalmaktadır. Trakya Bölgesi'nde yıllar ve bölgelere göre çevre koşullarındaki değişiklik üretimde farklı sorunlara neden olduğu bilinmektedir. Bitkilerde üretimi sınırlayan en önemli abiyotik stres faktörlerinin başında kuraklık gelmektedir. Tarımsal kuraklık ülkemizde buğday üretimi yapılan bütün bölgelerde, bazı yıllarda ve bitkilerin özellikle yağış isteğinin fazla olduğu aylardaki yağışın miktarının yetersiz ve dağılımının

düzensiz olmasından da kaynaklanmaktadır. Ayrıca bitkilerde biyomasın fazla olduğu dönemlerde yüksek sıcaklık koşullarında bitkilerde terleme ile su kaybının fazla olması bitkileri fizyolojik strese maruz bırakarak verim kayıplarına da neden olmaktadır (Öztürk, 2019).

İklim değişikliğinin tarımsal üretime etkilerinin azaltılabilmesi için alınabilecek önlemlerden biriside sulama ve su kullanım etkinliğinin üzerine alınması gereken uygulamalardır. Bu uygulamalar aşağıda sunulmuştur:

- Tarımsal üretimde sulama suyu kullanımının etkin şekilde kullanılması sağlanmalı,
- Sulama sistemlerinin geliştirilmesi ve maliyeti azaltıcı önlemler alınmalı,
- Tarla bitkilerinde damla ve yağmurlama sulama sistemleri ile suyu tasarruflu kullanmak ve bitkiye gerekli miktarda su verecek sulama sistemlerinin yaygınlaşması sağlanmalı,
- Sulamada yeraltı ve yerüstü tüm su kaynaklarının çok amaçlı kullanılması ve korunması kapsamında çalışmalar yapılmalı,
- İklim değişikliği sonucunda sıcaklığın ve buharlaşmanın artacağı bölgelerde sulanan alanlarda olabilecek olumsuzluklar için toprak işleme, drenaj, sulama teknikleri gibi önlemler alınması şeklindedir (Öztürk, 2019).

Bu araştırmada, Tekirdağ koşullarında sulama uygulamaları ve yönetimde önemli bir parametre olan referans bitki su tüketiminin değişimine olan iklim parametrelerinin etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Tekirdağ koşullarında son 10 yıl boyunca ölçülen iklim değerleri dikkate alınmış, bu değerlere göre referans bitki su tüketimi değerleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır. Elde edilecek sonuçların bölge üreticilerine, sulama organizasyon ve yönetiminde çalışan kurum ve kuruluşlarına faydalı olacağı düşünülmektedir. Ayrıca, çalışma konu ile ilgili çalışan araştırmacılara literatür katkısı vermesi yönünden de önemlidir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Bu bölümde, araştırmada kullanılan materyal ile büro çalışmalarında uygulanan yöntemler açıklanmıştır.

2.1.1 Araştırma Alanının Konumu ve Özellikleri

Araştırma, Tekirdağ ili koşullarında yürütülmüştür (Şekil 2.1). Tekirdağ Türkiye'nin kuzey-batısında, Marmara Denizinin kuzeyinde, Trakya Bölgesinde yer almaktadır. Doğusu İstanbul, kuzeyi Kırklareli, batısı Edirne, güneyi Marmara Denizi ile çevrilidir. Gelişmiş bir ulaşım ağı içerisinde yer alan ilimiz, 3 önemli karayoluna sahip, büyük bir dış ticaret limanı ve İstanbul-Avrupa demiryolu hattıyla İstanbul'a ve komşu Avrupa ülkelerine bağlanmış durumdadır. Trakya Bölgesinin güneyinde yer alan Tekirdağ'ın Marmara Denizine 133 km, Karadeniz'e 2,5 km uzunluğunda kıyısı bulunmaktadır (Anonim, 2021).



Şekil 2.1. Tekirdağ ilinin konumu

İlimizin en önemli yükseltisini oluşturan Tekir Dağları, kentin 12 km güneyinde Kumbağ'dan başlar, Gelibolu kıstağına kadar bir sıra halinde (60 km) uzanmaktadır. En yüksek yeri Ganos (Işık) dağıdır. Doğu kesimi daha az yüksektir. Hafif dalgalı düzlükler üzerinde bazı sırtlar görülür. Bunlardan biri, Çorlu çevresinde, doğu-batı doğrultusunda uzanır. Ergene havzasını sınırlayan ve bir su bölümü çizgisi görevi gören bu sırt, doğuda Istranca batıda Tekirdağ eteklerine ulaşmaktadır. Istranca (Yıldız Dağları), Çerkezköy'de başlar ve kuzeye doğru gittikçe yükselmektedir. Balkan Yarımadasının güneydoğu kesiminde yer alan Tekirdağ Bölgesinde dağlık alanlar kuzeydeki Istranca (Yıldız) dağlık kütlesi ile güneydeki Ganos (Işık) ve Koru dağlarıdır. Bu iki dağlık arazi arasında, Ergene Irmağı'nın kolları ile yarılmış, hafif, orta ve bazen dik eğimli araziler ile güney ve yer yer orta kısımlarda yer alan yüksek tepelik ve eğimli yamaç araziler bulunmaktadır (Anonim, 2021).

Tekirdağ ili tarımsal üretim potansiyeli bakımından hem ülkemizin hem de Trakya Bölgesi içerisinde ön plana çıkmaktadır. Tekirdağ yüz ölçümüne göre ekili-dikili alanları en çok olan illerden biridir. Tarıma elverişli alanların oranı %80'dir. Tekirdağ ilinden çok çeşitli ve bol ürünler alınmakla beraber “buğday, ayçiçeği, soğan, karpuz, kiraz ve üzüm” önceliklidir. Tekirdağ'da 400 bin hektarlık alanda tarım yapılmaktadır. İlin gayri saf üretim değerinin %74'ü bitkisel üretimden karşılanmaktadır. Geleneksel ürünü buğday ve ayçiçeği Türkiye'de üretilen buğdayın yaklaşık %5'i (229 bin 63 hektarlık alanda 998 bin 955 ton buğday), ayçiçeğinin ise %27'si (139 bin 290 hektarlık alanda 258 bin 750 ton) Tekirdağ ilinden üretilmektedir (Anonim, 2021).

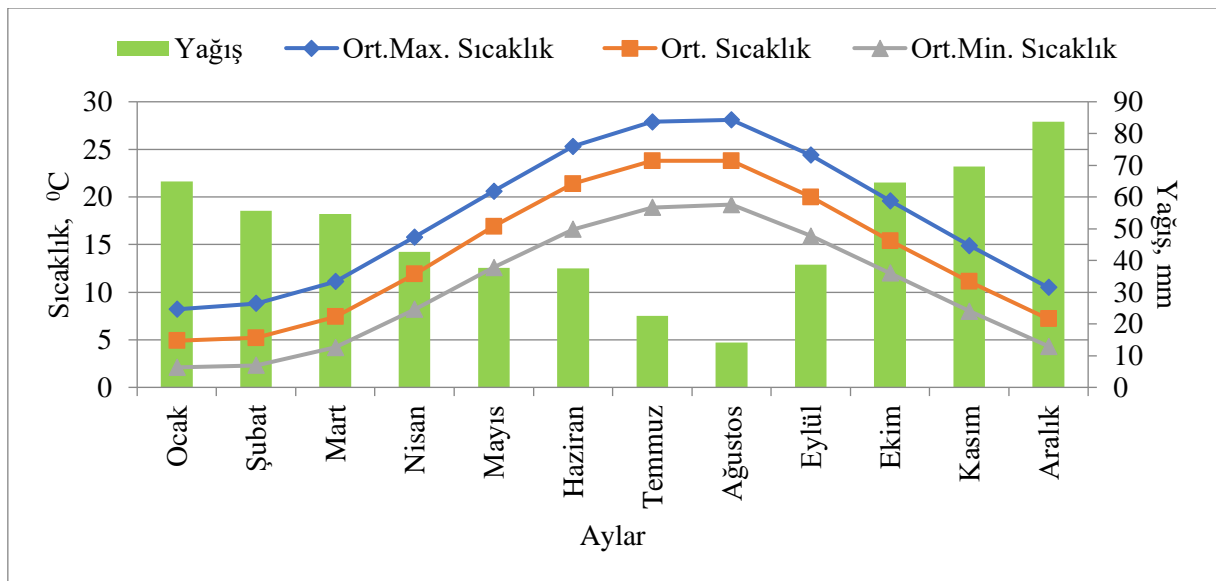
İl koşullarındaki mevcut toprak özellikleri, sertifikalı tohum kullanma ve tarımsal mekanizasyon gibi tarımsal girdilerin kullanılması elde edilen verim değerlerinin ülke ortalamasından yüksek olmasına neden olmaktadır. Diğer yandan bölgedeki mevcut tarım alanlarının sanayi ve kentleşmenin baskısı altında olması birim alandan elde edilecek verim düzeylerinin artırılması gerçeğini ortaya çıkarmaktadır.

2.1.2 Genel İklim Özellikleri

Sıcaklık ortalamaları ve genel nemlilik indisleri göz önüne alınırsa, Tekirdağ ili iklimi, ılıman yarı nemli olarak nitelendirilmektedir. Kıyı kesiminden iç kesimlere girildikçe denizden uzaklığın ve yükseltinin etkisiyle sıcaklık ve yağış değerlerinde küçük farklılaşmalar görülmektedir. Marmara Denizi kıyısı boyunca, yaz mevsimi sıcak ve kurak, kış mevsimi ise

ılık ve yağışlı geçen Akdeniz ikliminin özellikleri görülmektedir. Ancak, Karadeniz ikliminin etkisiyle yaz kuraklığı hafiflemiştir. Kış mevsiminde kar yağışları olağandır. İç kesimlere girildikçe yaz mevsimi daha kurak, kış mevsimi daha soğuk geçen yarı karasal iklim özellikleri belirginleşmektedir. Tekirdağ'ın Marmara kıyılarında yağış bakımından Akdeniz iklimi egemendir. Kıyı şeridinde yazlar sıcak, kışlar ılık geçmektedir. Buralarda Akdeniz ikliminden tek fark kışın kar yağmasıdır. Yörede zaman zaman esen kuzey rüzgârları, ısının düşmesine neden olmaktadır. Kuzeye paralel uzanan Tekir Dağları da kıyı kesimini Balkanlardan gelen soğuk hava kütesine karşı korumaktadır. İlin iç bölgelerinde ise karasal iklim egemendir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve yağışlıdır. Bölge kış boyunca esen kuzey rüzgârlarının etkisi altında kalmaktadır (Anonim, 2021).

Araştırmanın yürütüldüğü Tekirdağ iline ait, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden sağlanan 1960-2021 yıllarına ait (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü [MGM], 2021) uzun yıllar ortalama iklim verilerinden derlenen değerler Çizelge 2.1'de verilmiştir. Uzun yıllar ortalamalarına göre, yıllık ortalama sıcaklık 14,1°C'dir. Aylık sıcaklık ortalamaları açısından en soğuk ay 5,0°C ile Ocak, en sıcak ay ise 24,0°C ile Temmuz ve Ağustos aylarıdır. Yıllık 580,8 mm olan ortalama yağış miktarının çoğunluğu Ekim ile Nisan ayları arasındaki dönemde olmaktadır. Yıllık ortalama bağıl nem %76,9'dur. Yıllık rüzgâr hızınının 2 m yükseklikteki ortalama değeri 2,90 m/s'dir. Ayrıca, Tekirdağ ili uzun yıllar sıcaklık-yağış ilişkisi Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Tekirdağ ili uzun yıllar sıcaklık-yağış ilişkisi

Çizelge 2.1. Araştırma alanına ilişkin iklim değerlerinin uzun yıllar ortalamaları

İklim Verileri	Aylar												Yıllık Ortalama
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Ort. Sıcaklık, (°C)	5,0	5,1	7,5	11,9	16,8	21,5	24,0	24,0	20,0	15,5	10,5	7,1	14,1
Ort. Max. Sıcaklık, (°C)	8,5	8,8	11,2	15,8	20,6	25,4	28,1	28,3	24,5	19,8	14,4	10,3	18,0
Ort. Min. Sıcaklık, (°C)	2,2	2,0	4,1	8,1	12,4	16,7	19,0	19,5	16,0	12,1	7,4	4,2	10,3
Ort. Bağıl Nem, (%)	82,6	80,5	80,0	77,1	76,0	72,0	68,8	69,4	73,4	78,2	82,0	82,8	76,9
Ort. Rüzgar Hızı, (m/s)*	3,3	3,2	3,0	2,5	2,3	2,4	2,8	3,0	2,8	3,0	2,9	3,2	2,9
Ort. Güneşlenme Süresi, (h)	2,6	3,3	4,1	5,6	7,7	9,0	9,7	8,8	7,2	4,8	3,3	2,4	68,5
Yağış, (mm)	68,3	54,3	54,7	40,7	36,9	37,9	22,5	13,2	33,9	61,7	75,3	81,4	580,8
Buharlaşma, (mm)	-	-	0,1	63,6	114,8	142,1	179,8	170,9	114,9	67,6	11,6	0,9	866,3

*:2 m yükseklikte ölçülen değerler

2.1.3 Araştırma Yıllarına İlişkin İklim Verileri

Araştırmada denizden yüksekliği 4 m olan ve 40°57'30,6" Kuzey enlemi ile 27°29'47,4" Doğu boylamında bulunan Tekirdağ ili Süleymanpaşa ilçesi meteoroloji istasyonundan elde edilen iklim verileri kullanılmıştır. Meteoroloji istasyonundan 2011 ile 2020 yılları arasında elde edilen minimum sıcaklık (T_{min}), maksimum sıcaklık (T_{max}), ortalama bağıl nem (RH_{ort}), 10 m yükseklikte ölçölen ortalama rüzgar hızı (u), günlük güneşlenme süresi (n) ve ortalama aylık yağış miktarları (P) Çizelge 2.2 ile 2.11 arasında verilmiştir. Çizelgeler incelendiğinde genel olarak maksimum sıcaklık ve minimum sıcaklık değerlerinin en düşük olarak Ocak, şubat ve Aralık aylarında en yüksek olarak ise Haziran-Eylöl arasındaki aylarında elde edildiği belirlenmiştir. Ortalama bağıl nem değerlerinin özellikle kış aylarında yüksek olduğu belirlenirken ortalama güneşlenme süresi değerlerinin yaz aylarında maksimum olduğu görölmüştür. Diğer yandan 10 m yükseklikte ölçölen rüzgar hızı değerlerinin ortalama olarak tüm yıl içerisinde yakın değerlerde seyrettiği görölmektedir. Aylık yağış miktarlarının ise aylar ve yıllar bazlarında farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 2.2. Araştırmada kullanılan 2011 yılına ilişkin aylık ortalama meteorolojik veriler

Aylar	Min. Sıcaklık	Max. Sıcaklık	Ort. Bağıl Nem	Ort. Rüzgar Hızı	Toplam Yağış	Ort. Güneşlenme Süresi
	°C	°C	%	m/s	mm	h
Ocak	-2,7	16,3	84,8	2,4	45,4	3,46
şubat	-2,6	17,5	77,1	2,9	40,2	4,27
Mart	-1,7	22,3	79,3	2,7	24,6	4,48
Nisan	3,8	24,1	76,5	2,8	75,8	4,36
Mayıs	5,8	26,1	77,5	2,3	41,8	6,97
Haziran	14,6	33,9	70,7	2,5	95,2	8,87
Temmuz	16,7	34,6	67,8	2,5	7,8	10,66
Ağustos	16,9	32,2	64,5	3,3	14,8	9,83
Eylöl	14,9	30,0	67,0	2,8	137,6	9,18
Ekim	2,7	27,5	82,6	2,7	158,0	4,08
Kasım	1,1	18,3	91,0	2,8	4,4	3,70
Aralık	-3,0	19,7	94,5	2,6	72,0	3,75

Çizelge 2.3. Araştırmada kullanılan 2012 yılına ilişkin aylık ortalama meteorolojik veriler

Aylar	Min.	Max.	Ort.	Ort. Rüzgar Hızı	Toplam Yağış	Ort. Güneşlenme Süresi
	Sıcaklık	Sıcaklık	Bağıl Nem			
	°C	°C	%	m/s	mm	h
Ocak	-9,2	16,1	87,5	2,8	36,4	2,12
Şubat	-9,9	19,5	90,0	3,0	42,4	3,35
Mart	-2,5	21,6	82,0	2,6	18,0	5,84
Nisan	1,9	24,9	82,2	2,7	61,4	6,78
Mayıs	12,1	28,1	91,1	2,4	61,6	6,34
Haziran	15,0	33,4	78,7	2,9	0,2	10,45
Temmuz	18,6	35,8	69,0	3,0	6,0	9,77
Ağustos	16,2	35,7	63,0	2,8	7,8	9,75
Eylül	13,6	29,9	73,9	2,8	7,4	7,72
Ekim	10,5	28,5	88,4	2,3	75,8	5,72
Kasım	4,5	25,2	97,1	2,8	12,8	2,88
Aralık	-4,2	18,5	97,2	3,0	197,0	2,33

Çizelge 2.4. Araştırmada kullanılan 2013 yılına ilişkin aylık ortalama meteorolojik veriler

Aylar	Min.	Max.	Ort.	Ort. Rüzgar Hızı	Toplam Yağış	Ort. Güneşlenme Süresi
	Sıcaklık	Sıcaklık	Bağıl Nem			
	°C	°C	%	m/s	mm	h
Ocak	-4,4	18,3	96,6	2,8	93,6	2,65
Şubat	0,9	18,0	97,8	2,7	95,2	1,84
Mart	-0,8	21,6	98,1	1,5	52,8	4,07
Nisan	5,1	27,9	86,0	2,2	16,2	6,25
Mayıs	11,0	33,5	69,4	2,4	8,0	8,81
Haziran	14,3	32,6	68,7	2,6	34,8	7,83
Temmuz	17,2	31,7	61,7	3,2	0,2	9,69
Ağustos	18,7	32,5	62,8	3,5	0,2	9,03
Eylül	13,6	33,1	61,4	2,6	10,2	7,74
Ekim	4,2	22,4	76,3	2,3	96,4	5,96
Kasım	1,0	22,4	79,2	2,7	36,4	3,18
Aralık	-2,3	15,3	74,1	2,6	2,4	2,47

Çizelge 2.5. Araştırmada kullanılan 2014 yılına ilişkin aylık ortalama meteorolojik veriler

Aylar	Min.	Max.	Ort.	Ort. Rüzgar Hızı	Toplam Yağış	Ort. Güneşlenme Süresi
	Sıcaklık	Sıcaklık	Bağlı Nem			
	°C	°C	%	m/s	mm	h
Ocak	-2,5	20,4	90,3	2,3	44,0	1,27
Şubat	1,4	20,6	84,9	2,6	5,6	2,49
Mart	1,8	24,0	81,6	2,3	65,6	4,75
Nisan	4,9	22,8	83,4	2,4	41,2	4,35
Mayıs	8,9	27,0	80,6	2,4	65,2	5,12
Haziran	12,7	36,9	76,5	2,5	60,0	6,41
Temmuz	17,1	34,6	73,9	2,5	82,9	8,06
Ağustos	16,1	33,4	74,7	2,7	6,3	7,96
Eylül	10,5	30,0	77,9	2,6	92,2	5,87
Ekim	5,3	27,7	80,1	2,9	127,9	4,30
Kasım	1,3	19,6	85,5	2,4	23,6	2,12
Aralık	-1,2	17,5	89,5	2,6	91,2	1,85

Çizelge 2.6. Araştırmada kullanılan 2015 yılına ilişkin aylık ortalama meteorolojik veriler

Aylar	Min.	Max.	Ort.	Ort. Rüzgar Hızı	Toplam Yağış	Ort. Güneşlenme Süresi
	Sıcaklık	Sıcaklık	Bağlı Nem			
	°C	°C	%	m/s	mm	h
Ocak	-8,8	16,7	82,7	3,0	56,5	3,17
Şubat	-5,2	21,1	79,4	3,2	90,6	2,57
Mart	0,0	18,3	82,5	2,9	28,9	3,51
Nisan	1,7	24,6	74,9	2,7	60,6	6,63
Mayıs	8,9	27,9	76,2	2,5	9,5	7,42
Haziran	13,4	33,3	73,9	2,8	60,2	6,72
Temmuz	16,7	33,9	71,3	3,0	0,5	10,37
Ağustos	18,2	32,1	69,5	3,4	0,0	8,61
Eylül	12,6	39,7	77,9	2,8	34,9	6,20
Ekim	8,6	28,0	80,7	3,2	83,7	3,75
Kasım	3,8	25,0	81,4	2,9	48,5	4,47
Aralık	-5,6	17,8	80,6	2,5	0,7	3,85

Çizelge 2.7. Araştırmada kullanılan 2016 yılına ilişkin aylık ortalama meteorolojik veriler

Aylar	Min.	Max.	Ort.	Ort. Rüzgar Hızı	Toplam Yağış	Ort. Güneşlenme Süresi
	Sıcaklık	Sıcaklık	Bağıl Nem			
	°C	°C	%	m/s	mm	h
Ocak	-6,6	20,9	80,3	3,1	70,4	3,54
Şubat	-0,5	24,6	85,5	2,7	68,7	3,22
Mart	0,4	20,7	81,4	3,0	30,8	4,36
Nisan	5,8	26,3	72,9	2,2	22,9	7,50
Mayıs	9,0	31,7	75,3	2,7	28,4	6,19
Haziran	12,1	34,4	72,8	2,9	34,9	8,97
Temmuz	17,8	33,0	67,0	3,5	0,1	9,14
Ağustos	17,5	33,5	69,2	3,7	0,1	8,30
Eylül	11,7	32,9	68,9	3,3	3,9	6,63
Ekim	6,6	27,8	93,5	3,0	72,7	1,14
Kasım	0,7	25,9	83,5	3,0	86,3	2,95
Aralık	-3,9	15,0	75,8	2,7	33,5	2,81

Çizelge 2.8. Araştırmada kullanılan 2017 yılına ilişkin aylık ortalama meteorolojik veriler

Aylar	Min.	Max.	Ort.	Ort. Rüzgar Hızı	Toplam Yağış	Ort. Güneşlenme Süresi
	Sıcaklık	Sıcaklık	Bağıl Nem			
	°C	°C	%	m/s	mm	h
Ocak	-11,5	11,4	84,5	3,0	95,2	2,04
Şubat	-2,7	19,7	81,8	2,8	30,8	3,69
Mart	1,2	19,2	82,5	2,3	28,7	5,13
Nisan	2,6	22,3	77,7	2,0	44,5	7,27
Mayıs	9,5	30,4	76,5	2,6	14,6	6,45
Haziran	14,6	32,5	78,1	2,3	26,3	8,09
Temmuz	16,3	33,5	70,1	3,2	50,6	8,79
Ağustos	15,6	36,7	67,1	3,6	11,4	8,33
Eylül	12,8	32,4	70,8	2,7	9,5	6,72
Ekim	4,1	24,2	77,3	2,5	80,0	6,20
Kasım	3,4	20,9	83,1	2,5	69,6	3,55
Aralık	-0,3	19,3	80,7	3,0	78,7	4,05

Çizelge 2.9. Araştırmada kullanılan 2018 yılına ilişkin aylık ortalama meteorolojik veriler

Aylar	Min.	Max.	Ort.	Ort. Rüzgar Hızı	Toplam Yağış	Ort. Güneşlenme Süresi
	Sıcaklık	Sıcaklık	Bağıl Nem			
	°C	°C	%	m/s	mm	h
Ocak	-0,6	14,5	85,6	2,9	70,3	3,26
Şubat	-1,8	19,7	86,1	3,5	76,4	1,75
Mart	-3,4	23,2	85,8	3,0	64,4	2,97
Nisan	6,3	25,3	76,4	2,1	10,9	8,01
Mayıs	9,0	28,7	79,2	2,8	22,3	5,93
Haziran	14,0	30,1	72,6	3,0	67,8	6,64
Temmuz	18,3	32,6	69,5	2,6	88,4	8,37
Ağustos	19,1	32,2	63,1	3,8	0,0	7,37
Eylül	11,8	32,1	67,8	3,2	17,3	4,43
Ekim	6,7	23,1	76,0	2,8	43,2	4,06
Kasım	0,7	20,1	76,7	3,6	47,9	1,75
Aralık	-2,7	15,4	75,5	2,6	113,8	1,93

Çizelge 2.10. Araştırmada kullanılan 2019 yılına ilişkin aylık ortalama meteorolojik veriler

Aylar	Min.	Max.	Ort.	Ort. Rüzgar Hızı	Toplam Yağış	Ort. Güneşlenme Süresi
	Sıcaklık	Sıcaklık	Bağıl Nem			
	°C	°C	%	m/s	mm	h
Ocak	-4,1	13,8	76,3	3,2	58,7	1,78
Şubat	-3,0	14,8	74,3	2,9	40,3	4,05
Mart	0,5	20,9	70,8	2,9	29,1	6,80
Nisan	3,8	25,2	71,9	2,6	37,2	6,16
Mayıs	8,4	28,0	70,5	2,1	26,2	6,89
Haziran	15,6	34,2	64,8	2,8	8,0	8,58
Temmuz	15,4	31,6	65,0	2,8	14,6	9,00
Ağustos	18,0	32,8	62,7	3,6	0,0	9,03
Eylül	12,3	32,5	65,1	3,3	9,4	6,99
Ekim	10,7	27,7	73,3	2,3	45,0	5,65
Kasım	8,2	25,2	75,7	2,6	18,4	4,10
Aralık	1,3	21,3	75,5	2,7	17,3	2,29

Çizelge 2.11. Araştırmada kullanılan 2020 yılına ilişkin aylık ortalama meteorolojik veriler

Aylar	Min. Sıcaklık	Max. Sıcaklık	Ort. Bağıl Nem	Ort. Rüzgar Hızı	Toplam Yağış	Ort. Güneşlenme Süresi
	°C	°C	%	m/s	mm	h
Ocak	-0,7	17,3	71,5	3,1	29,1	3,46
Şubat	-4,2	20,5	73,4	3,1	54,2	3,34
Mart	0,7	18,7	74,6	3,0	23,6	3,45
Nisan	3,4	23,8	70,9	3,3	43,3	4,72
Mayıs	8,6	30,0	73,2	2,7	83,7	4,09
Haziran	12,3	28,8	71,3	2,6	79,5	5,33
Temmuz	16,1	32,1	65,6	3,5	0,0	6,06
Ağustos	18,5	32,1	66,5	3,3	4,8	2,10
Eylül	14,8	30,1	66,7	3,4	13,7	1,19
Ekim	9,8	25,6	74,5	2,1	50,6	0,56
Kasım	4,3	18,4	72,5	2,9	1,1	0,83
Aralık	-0,6	17,5	78,7	2,9	35,9	0,20

2.1.4 Kullanılan Bilgisayar Programları

Kendall ve Sen'in T testi pyMannKendall v1.4.2. kütüphanesi (Hussain ve Mahmud, 2019), lineer regresyon testi ise scipy.stats v.1.9.3 kütüphanesi kullanılarak yapılmıştır (Virtanen vd. 2020). Bu kütüphanelerin kullanılmasında programlama dili olarak Python 3.11.1 kullanılmıştır.

2.2 Yöntem

Bu bölümde referans bitki su tüketimi (ET_0) değerlerinin hesaplanmasında kullanılan Penman-Monteith yöntemi ile elde edilen bu değerlerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler yer almaktadır.

2.2.1 Referans Bitki Su Tüketiminin Hesaplanması (ET_0)

İklim verilerinden yararlanılarak referans bitki su tüketiminin tahmin edilmesinde, Allen, Pereira, Raes ve Smith (1998) tarafından Penman-Monteith yönteminin revize edilmesi ile elde edilen ve FAO56-PM olarak tanımlanan yöntem kullanılmıştır.

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta + (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (2.1)$$

Eşitlikte;

- ET_0 : Referans bitki su tüketimi (mm/gün),
 R_n : Bitki yüzeyindeki net radyasyon ($MJ/m^2/gün$),
 G : Topraktaki ısı akımı ($MJ/m^2/gün$),
 T : Ortalanma sıcaklık ($^{\circ}C$),
 u_2 : 2 metre yükseklikteki rüzgâr hızı (m/s),
 e_a : Doymun buhar basıncı (kPa),
 e_d : Gerçek buhar basıncı (kPa),
 Δ : Doymun buhar basıncı eğrisinin eğimi ($kPa/^{\circ}C$),
 γ : Psikometrik sabite ($kPa/^{\circ}C$) değerlerini göstermektedir.

Bu çalışmada Tekirdağ ilinde bulunan meteoroloji istasyonundan elde edilen 2011-2020 yılları arasındaki iklim verileri kullanılarak aylık ve mevsimlik olarak referans bitki su tüketimi (ET_0) değerleri hesaplanmıştır.

2.2.2 İklim Elemanlarının ve Referans Bitki Su Tüketimi Değerlerinin Değişim Analizlerinin Belirlenmesi

Referans bitki su tüketiminin değişim analizlerinin belirlenmesinde Lineer Regresyon Testi, Mann-Kendall Testi ve Sen Trend Eğim Testi kullanılmıştır.

2.2.2.1 Lineer Regresyon Testi

Bir bağımlı değişken ile bir ya da daha fazla bağımsız değişken arasındaki ilişki bir matematiksel model ile ifade edilmektedir. Eğer söz konusu matematiksel model bir doğrusal fonksiyon ise bu modele Lineer Regresyon Modeli adı verilir. Bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olup olmadığı Serpme Diyagramı ile görsel olarak belirlenebilir. Bir bağımlı ve bir bağımsız değişkenin yer aldığı lineer regresyon modeline Basit Lineer Regresyon Modeli, bir bağımlı ve birden fazla bağımsız değişkenin bulunduğu lineer regresyon modeline ise Çoklu Lineer Regresyon Modeli denmektedir.

Bağımlı değişken; değeri başka değişkenler tarafından belirlenen ve diğer değişkenlerin değeri değiştiğinde bu değişimden etkilenen değişken olarak nitelendirilmektedir. Bu sebeple etkilenen, açıklanan veya cevap değişkeni olarak da adlandırılır. Genel olarak Y ile gösterilmektedir.

Bağımsız değişken(ler); değeri rastgele koşullara göre oluşan, bağımsız olarak değişim gösteren ve başka değişkenlerin değişimi üzerine etkide bulunan değişkenlere denir. Bu sebeple etkileyen, açıklayan değişken veya faktör olarak da ifade edilir. Bağımsız değişken tek olduğu zaman X sembolü ile, birden fazla sayıda (örneğin k tane) ise X_1, X_2, \dots, X_k sembolleri ile gösterilir.

Basit Lineer Regresyon Modeli: Bir bağımlı değişken (Y) ile bir bağımsız değişken (X) arasındaki neden-sonuç ilişkisini

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \quad (2.2)$$

şeklinde bir lineer fonksiyon olarak ifade eden modele denir. Burada β_0 ve β_1 modelin bilinmeyen parametreleri ve ε hata terimidir.

Çoklu Lineer Regresyon Modeli: Bir bağımlı değişken (Y) ile birden fazla (örneğin k tane) bağımsız değişken (X_1, X_2, \dots, X_k) arasındaki neden-sonuç ilişkisini

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (2.3)$$

şeklinde bir lineer fonksiyon olarak ifade eden modele denir. Burada β_0, β_1, \dots ve β_k modelin bilinmeyen parametreleri ve ε hata terimidir (Yavuz, 2009).

2.2.2.2 Mann-Kendall Testi

Mann-Kendall testi (Mann, 1945; Kendall, 1975) hidro-meteorolojik verilerde trend varlığının belirlenmesinde en yaygın olarak kullanılan parametrik olmayan bir test türüdür. Bu test ile bir zaman serisinde trend olup olmadığı; “ H_0 : trend yok” (sıfır hipotezi) ile kontrol edilmektedir (Yenigün, Gümüş ve Bulut, 2008; Vardar, 2020). Buna göre, test istatistiği S ;

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(X_j - X_i) \quad (2.4)$$

Denklemdaki n veri sayısını, x ise i ve j ($j > i$) zamanlarındaki veriyi temsil etmektedir. İşaret fonksiyonu ise aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\text{sign} = (x_j - x_k) = \begin{cases} +1 & \text{Eğer } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{Eğer } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{Eğer } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (2.5)$$

S'nin varyansı aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$Var(S) = [n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i i(i-1)(2i+5)] \quad (2.6)$$

Denklemden, n veri setindeki tekrar gözlem sayıları, t_i değeri i uzunluğundaki bir seride tekrarlanan gözlemleri göstermektedir. Eşitlikte; n>10 için Z test istatistiği aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} + 1 & \text{Eğer } S > 0 \\ 0 & \text{Eğer } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} + 1 & \text{Eğer } S < 0 \end{cases} \quad (2.7)$$

İstatistiksel olarak anlamlı bir trendin belirlenmesi için Z değeri kullanılmaktadır. α anlamlılık düzeyinde < olması durumunda “H₀” hipotezi kabul edilir ve anlamlı bir trend olmadığı, ≥ olması durumunda ise istatistiksel olarak anlamlı bir trend olduğu ve S değeri pozitif ise artan yönde, negatifse azalan yönde trend olduğu sonucuna varılmaktadır.

2.2.2.3 Sen'in T Testi

Zamana bağlı veri serilerinde trend tespit edilirse, değişimin büyüklüğü veya trendi Sen (1968) tarafından önerilen basit bir yöntem ile tahmin edilebilmektedir (Ahmad ve Choi, 2018; Mohamed Jille, 2022). Sen'in trend eğim metodu, j ve k zamanlarındaki veriler x_j ve x_k olmak üzere (j>k şartı ile); N=n(n-1)/2 (n zaman periyotlarının sayısı) adet, Q_i (i=1, 2,N) değeri aşağıdaki ifadeye göre hesaplanır (Büyükkaracıgan, 2019).

$$Q_i = \frac{(x_i - x_k)}{(j - k)} \quad (2.8)$$

Elde edilen Q_i değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanmaktadır. N adet eşdeğerlerinin medyan değeri lineer trend eğim parametresini tahmin etmek için kullanılan istatistiktir. Q_i'nin n değerlerinin medyanı Sen'in tahmin eğilimini ortaya koymakta ve aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$Q_{med} = \begin{cases} \frac{Q_{\frac{N+1}{2}}}{2} & n(\text{tek}) \\ \frac{1}{2} \left[Q_{\frac{N}{2}} + Q_{\frac{N+2}{2}} \right] & N(\text{çift}) \end{cases} \quad (2.9)$$

Zaman serilerinde Q_{med} göstergesinin pozitif değeri artan bir trend gösterirken göstergesinin negatif değeri de azalan trend anlamına gelmektedir (Salmi, Maatta, Anttila,

Ruoho-Airola ve Amnell, 2002). Medyan eğiminin istatistiki olarak 0 değerinden farklı olduğunu belirlemek için, medyan değerinin (Q_{med}) güven aralıklarının belirlenmesi gerekmektedir. Güven aralıkları aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır.

Eğim tahminin N sıralı en büyük ($M1$)nci ve ($M2+1$)nci değerleri güven aralığının en düşük ve en yüksek değerlerini (Q_{min} ve Q_{maks}) oluşturmaktadır (Gilbert, 1987). Q_{min} ve Q_{maks} değerlerinin ikisi aynı işareti taşıyorsa $med Q$ 'in eğimi sıfırdan farklı olarak kabul edilmektedir (Gocic ve Trajkovic, 2013).



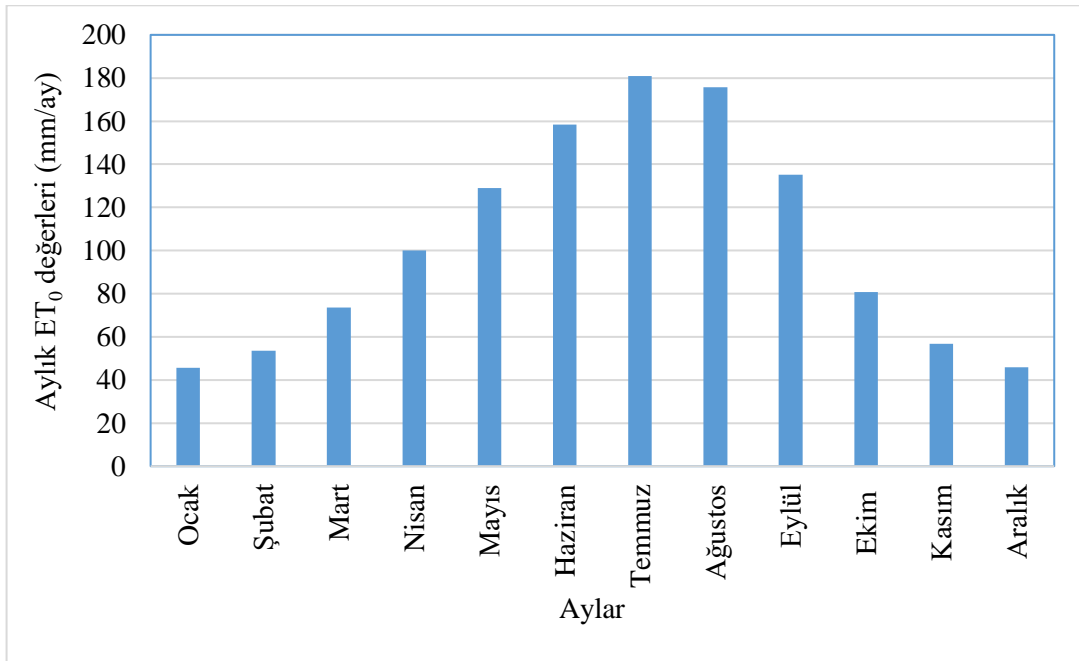
3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu bölümde, 2011-2020 yılları arasında Tekirdağ koşulları için aylık ve mevsimlik referans bitki su tüketimi değerleri ile bu değerleri etkileyen iklim faktörlerinin istatistiksel olarak değişimlerine ilişkin sonuçlar verilmiştir.

3.1 Referans Bitki Su Tüketimi Değerlerine (ET₀) İlişkin Sonuçlar ve Değişim Analizleri

Tekirdağ ili-Süleymanpaşa ilçesine ait 2011 ile 2020 yılları arasında Penman-Monteith yöntemi ile hesaplanan aylık ve mevsimlik referans bitki su tüketimine ilişkin sonuçlar Çizelge 3.1'de ve aylık ortalama değerlere göre hazırlanan grafik Şekil 3.1'de verilmiştir. Çizelge ve şekilden izleneceği gibi aylık olarak referans bitki su tüketimi (ET₀) değerlerinin kış aylarında düştüğü ve özellikle Temmuz ve Ağustos aylarında yükseldiği görülmüştür. ET₀ değerlerinin yıllık olarak ise 2011-2020 yılları arasında 1.127,30 mm/yıl ile 1.324,12 mm/yıl arasında değişmiştir.

Tekirdağ ili-Süleymanpaşa ilçesi için 2011-2020 yılları arasında hesaplanan aylık ve mevsimlik referans bitki su tüketimi (ET₀) değerlerinin Lineer Regresyon Testi, Mann-Kendall Testi ve Sen Trend Eğim Testi sonuçları Çizelge 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.1. 2011-2020 yılları arası aylık ortalama ET₀ değerlerinin değişimi

Çizelge 3.1. Tekirdağ ili-Süleymanpaşa ilçesi aylık ve mevsimlik referans bitki su tüketimi değerleri (mm/ay)

Aylar (mm/ay)	Yıllar									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ocak	38,71	46,53	37,39	41,55	51,71	63,75	39,21	33,16	47,32	56,34
Şubat	52,74	56,57	31,22	47,82	65,45	61,88	51,53	52,49	47,54	68,09
Mart	81,31	78,11	53,85	80,21	63,43	74,80	65,50	79,80	87,77	71,60
Nisan	96,40	100,40	98,56	81,32	106,84	109,47	90,84	104,67	108,00	105,03
Mayıs	118,49	104,92	166,87	108,86	128,88	143,67	134,85	125,84	128,55	128,78
Haziran	166,48	168,59	162,56	159,44	153,56	174,36	147,46	141,79	178,82	130,03
Temmuz	190,99	195,64	190,34	168,71	186,50	187,49	179,48	167,01	175,11	167,67
Ağustos	181,30	192,39	184,46	156,58	166,29	176,80	196,01	179,17	185,31	139,01
Eylül	137,20	122,57	149,28	111,71	153,73	144,79	132,73	134,64	148,74	116,92
Ekim	89,70	75,08	75,29	90,76	91,10	67,10	81,85	77,72	87,61	71,34
Kasım	38,75	48,56	60,22	44,88	67,78	73,18	47,66	65,08	64,56	56,42
Aralık	38,87	40,55	44,62	35,47	49,47	46,84	52,40	44,19	60,22	47,28
Yıllık (mm/yıl)	1.230,94	1.229,91	1.254,67	1.127,30	1.284,74	1.324,12	1.219,53	1.205,55	1.319,56	1.158,52

Çizelge 3.2. Aylık ve yıllık referans bitki su tüketimi değerlerinin değişim analizi sonuçları

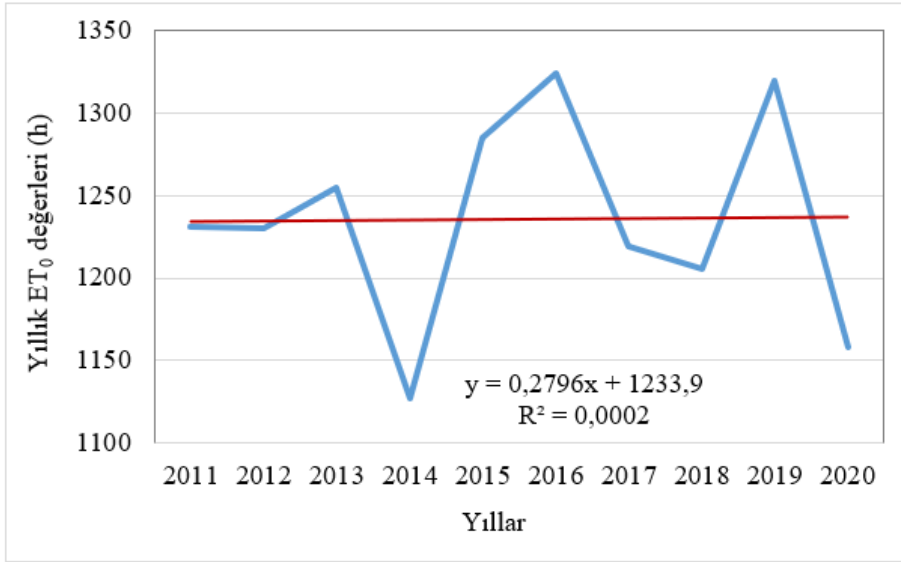
Aylar	Aylık ve Yıllık ET ₀ Değerlerinin Değişim Analizleri		
	Lineer Regresyon Testi	Mann-Kendall Testi	Sen'in T Testi
Ocak	0,90	0,89	1,08
Şubat	1,15	0,36	1,17
Mart	0,47	0,01	0,28
Nisan	1,16	0,36	0,92
Mayıs	0,88	0,54	1,26
Haziran	-2,28	-1,43	-3,92 ***
Temmuz	-2,60*	-2,50*	-2,85*
Ağustos	-1,99	-0,36	-1,01
Eylül	-0,11	-0,18	-0,37
Ekim	-0,70	-0,36	-0,56
Kasım	1,87	1,07	1,96
Aralık	1,57	1,97 *	1,68
Yıllık	-0,28	-0,18	-1,52

*: %5 seviyesinde önemli,

***: %0,1 seviyesinde önemli

Çizelge 3.2'den görüleceği gibi 2011-2020 yılları arasında elde edilen aylık ve mevsimlik referans bitki su tüketimi değerlerine göre uygulanan Lineer Regresyon Testi, Mann-Kendall Testi ve Sen T Testi değişim analizleri sonucunda Temmuz ve Haziran ayında azalan değişimin olduğunu belirlenmiştir. Temmuz ayında azalan referans bitki su tüketiminin değişim miktarının Lineer Regresyon Testi, Mann-Kendall ve Sen T Testine göre istatistiksel açıdan %5 önemlilik düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. Haziran ayındaki azalış miktarının ise yalnızca Sen T Testine göre istatistiksel açıdan %0,1 önemlilik düzeyinde önemli olduğu görülmüştür.

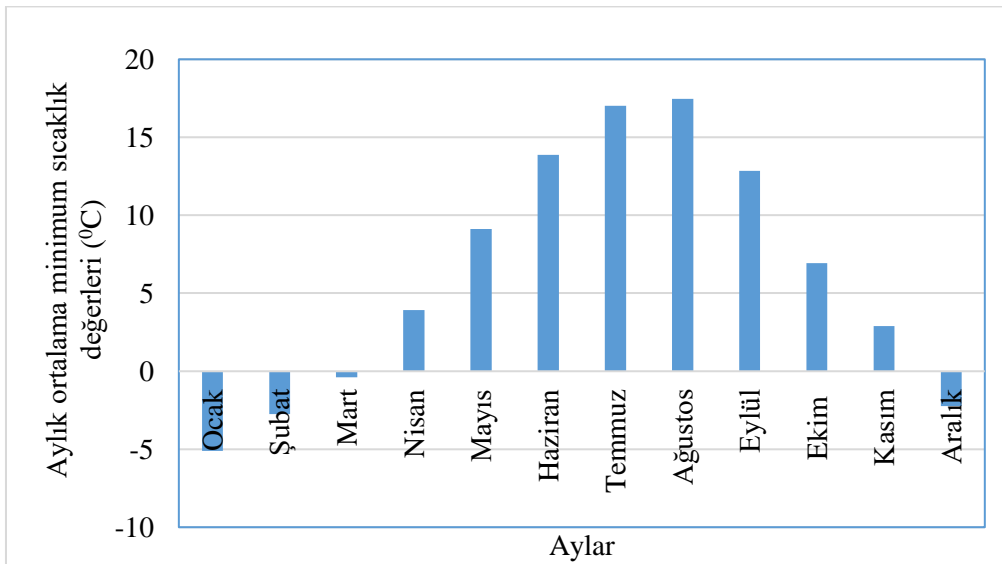
Tekirdağ ili-Süleymanpaşa ilçesi 2011-2020 yılları arası için hesaplanan yıllık referans bitki su tüketimi değerleri için lineer regresyon grafiği Şekil 3.2'de verilmiştir. Hesaplanan yıllık ET₀ değerleri dikkate alınan yıllar arasında önemli değişiklikler göstermiştir.



Şekil 3.2. 2011-2020 yılları arası yıllık ET₀ değerlerinin değişimi

3.2 Minimum Sıcaklık Değerlerine İlişkin Değişim Analizleri

Tekirdağ ili-Süleymanpaşa ilçesine ait 2011 ile 2020 yılları arasında aylık ve mevsimlik referans bitki su tüketimi hesabında kullanılan minimum sıcaklıkların aylık ortalama değerlere göre hazırlanan grafiği Şekil 3.3’de verilmiştir. Şekilden izleneceği gibi aylık olarak minimum sıcaklık değerlerinin Aralık, Ocak ve Şubat aylarında 0°C’nin altına düştüğü ve Temmuz ile Ağustos aylarında maksimum değerle ulaştığı görülmüştür. Tekirdağ ili-Süleymanpaşa ilçesi için 2011-2020 yılları arasında ölçülen minimum sıcaklık değerlerinin Lineer Regresyon Testi, Mann-Kendall Testi ve Sen Trend Eğilim Testi sonuçları Çizelge 3.3’de verilmiştir.

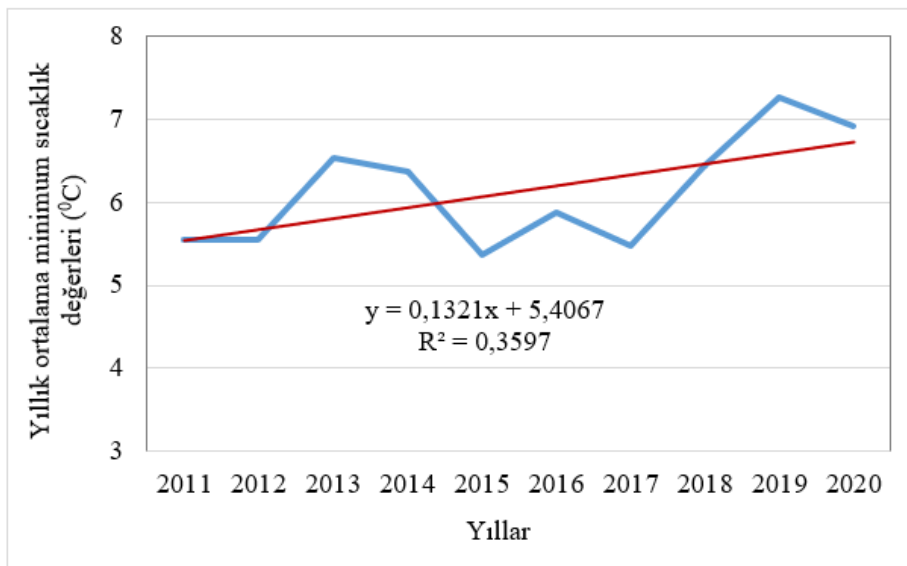


Şekil 3.3. 2011-2020 yılları arası aylık ortalama minimum sıcaklık değerlerinin değişimi

Çizelge 3.3. Minimum sıcaklık değerlerinin değişim analizi sonuçları

Aylar	Aylık Minimum Sıcaklık Değerlerinin Değişim Analizleri		
	Lineer Regresyon Testi	Mann-Kendall Testi	Sen T Testi
Ocak	0,29	0,72	0,30
Şubat	-0,08	-0,54	-0,18
Mart	0,17	1,25	0,27
Nisan	0,08	0,27	0,19
Mayıs	-0,05	-0,72	-0,10
Haziran	-0,08	-0,63	-0,09
Temmuz	-0,14	-1,35	-0,16
Ağustos	0,16	0,72	0,17
Eylül	-0,08	-0,63	-0,19
Ekim	0,44	1,43	0,65
Kasım	0,34	0,45	0,30
Aralık	0,38	1,61	0,45

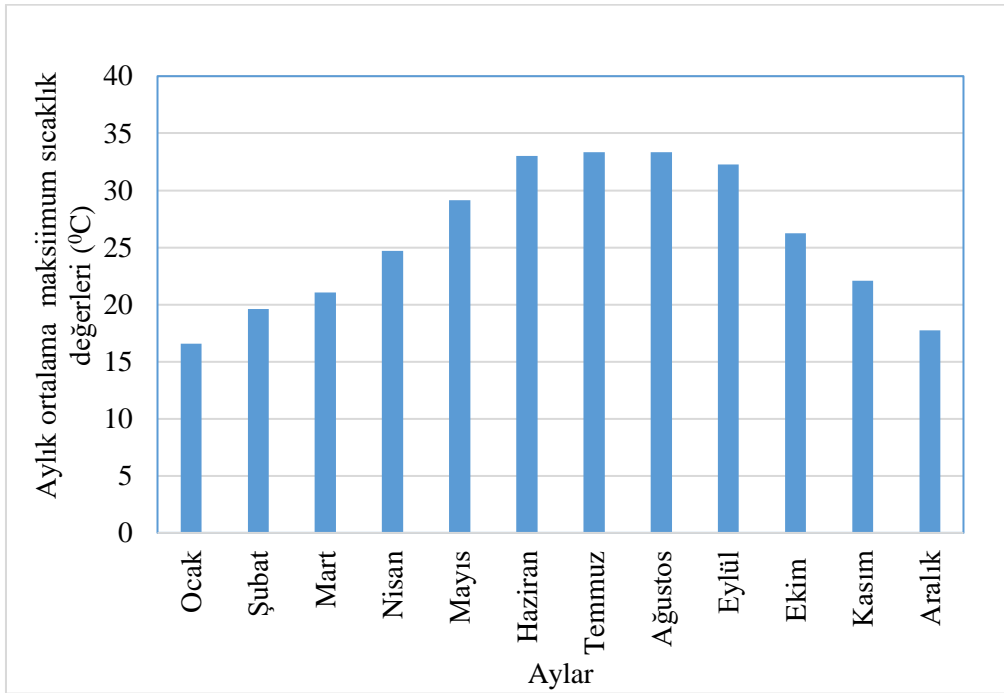
Çizelge 3.3'den görüleceği gibi 2011-2020 yılları arasında elde edilen aylık minimum sıcaklık değerlerine uygulanan Lineer Regresyon Testi, Mann-Kendall Testi ve Sen T Testi değişim analizleri sonucunda ortaya çıkan değişimlerin istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca, 2011-2020 yıllık ortalama minimum sıcaklık değerlerine göre hazırlanan lineer regresyon grafiği Şekil 3.4'de verilmiştir. Şekilden görüleceği gibi ölçüm yılları arasında yıllık ortalama minimum sıcaklık değerlerinin artan bir eğilimde olmasına karşın çok fazla değişmediği görülmüştür. Bu sonuç minimum sıcaklık değerlerinin aylık değişimlerine göre gerçekleştirilen değişim analiz sonuçları ile benzerlik göstermektedir.



Şekil 3.4. 2011-2020 yılları arası yıllık minimum sıcaklık değerlerinin değişimi

3.3 Maksimum Sıcaklık Değerlerine İlişkin Değişim Analizleri

Tekirdağ ili-Süleymanpaşa ilçesine ait 2011 ile 2020 yılları arasında aylık ve mevsimlik referans bitki su tüketimi hesabında kullanılan maksimum sıcaklıkların aylık ortalama değerlere göre hazırlanan grafiği Şekil 3.5’de verilmiştir. Şekilden izleneceği gibi aylık olarak maksimum sıcaklık değerlerinin Aralık, Ocak ve Şubat aylarında minimum değerlere ve Temmuz ile Ağustos aylarında maksimum değerle ulaştığı görülmüştür. Tekirdağ İli-Süleymanpaşa İlçesi için 2011-2020 yılları arasında ölçülen maksimum sıcaklık değerlerinin Lineer Regresyon Testi, Mann-Kendall Testi ve Sen Trend Eğilim Testi sonuçları Çizelge 3.4’de verilmiştir.



Şekil 3.5. 2011-2020 yılları arası aylık ortalama maksimum sıcaklık değerlerinin değişimi

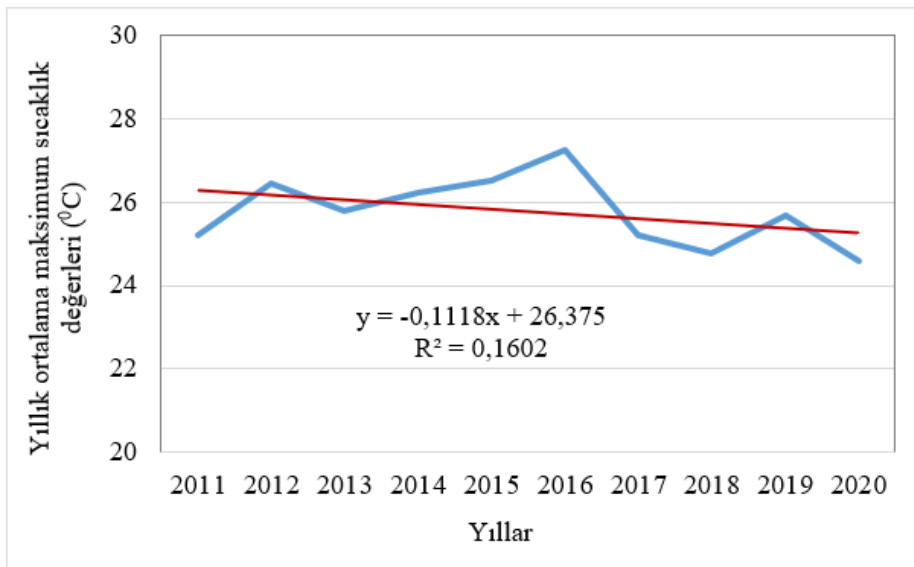
Çizelge 3.4’den görüleceği gibi 2011-2020 yılları arasında elde edilen aylık maksimum sıcaklık değerlerine uygulanan Lineer Regresyon Testi, Mann-Kendall Testi ve Sen T Testi değişim analizleri sonucunda; Temmuz ayında ortaya çıkan azalan yönde değişimin Mann-Kendall testine göre %5 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, 2011-2020 yıllık ortalama minimum sıcaklık değerlerine göre hazırlanan lineer regresyon grafiği Şekil 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.4. Maksimum sıcaklık değerlerinin değişim analizi sonuçları

Aylar	Aylık Maksimum Sıcaklık Değerlerinin Değişim Analizleri		
	Lineer Regresyon Testi	Mann-Kendall Testi	Sen T Testi
Ocak	-0,30	-0,36	-0,26
Şubat	0,02	0,63	0,25
Mart	-0,25	-1,17	-0,30
Nisan	-0,08	-0,18	-0,10
Mayıs	0,15	0,72	0,24
Haziran	-0,39	-1,43	-0,50
Temmuz	-0,31	-2,25*	-0,38
Ağustos	-0,07	-0,36	-0,03
Eylül	0,09	0,27	0,02
Ekim	-0,18	-0,63	-0,17
Kasım	0,04	0,01	0,01
Aralık	-0,02	-0,09	-0,06

*: %5 seviyesinde önemli

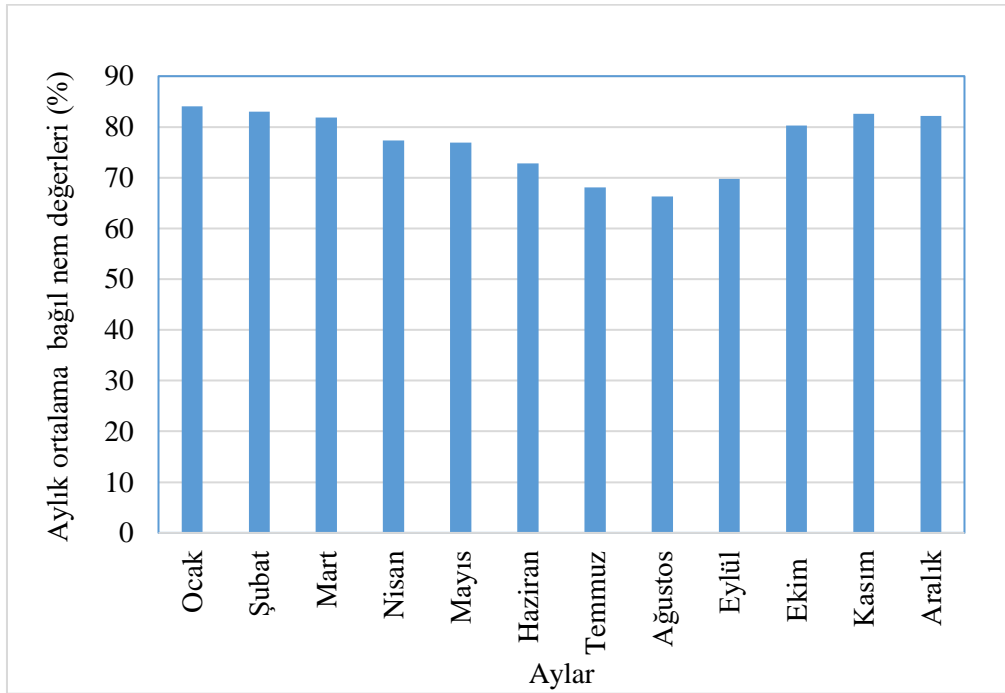
Şekilden 3.6'dan görüleceği gibi ölçüm yılları arasında yıllık ortalama maksimum sıcaklık değerlerinin azalan bir değişimde olduğu görülmektedir. Bu sonuç maksimum sıcaklık değerlerinin aylık değişimlerine göre gerçekleştirilen değişim analiz sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Özellikle Temmuz ayında ölçülen maksimum sıcaklık değerlerinin azalma eğiliminde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.6. 2011-2020 yılları arası yıllık maksimum sıcaklık değerlerinin değişimi

3.4 Ortalama Bağlı Nem Değerlerine İlişkin Değişim Analizleri

Tekirdağ ili-Süleymanpaşa ilçesine ait 2011 ile 2020 yılları arasında aylık ve mevsimlik referans bitki su tüketimi hesabında kullanılan ortalama bağlı nem değerlerinin aylık ortalama değerlerine göre hazırlanan grafik Şekil 3.7’de verilmiştir. Şekilden izleneceği gibi aylık olarak ortalama bağlı nem değerlerinin Kasım, Aralık ve Ocak aylarında maksimum değerlere ve Temmuz ile Ağustos aylarında minimum değerlere ulaştığı görülmüştür. Tekirdağ ili-Süleymanpaşa ilçesi için 2011-2020 yılları arasında ölçülen ortalama bağlı nem değerlerinin Lineer Regresyon Testi, Mann-Kendall Testi ve Sen Trend Eğilim Testi sonuçları Çizelge 3.5’te verilmiştir.



Şekil 3.7. 2011-2020 yılları arası aylık ortalama bağlı nem değerlerinin değişimi

Çizelge 3.5’den görüleceği gibi 2011-2020 yılları arasında elde edilen aylık ortalama bağlı nem değerlerine uygulanan Lineer Regresyon Testi, Mann-Kendall Testi ve Sen T Testi değişim analizleri sonucunda ortaya çıkan azalan yönde değişimlerin; Ocak, Nisan, Ekim ve Kasım ayları için Mann-Kendall Testi ve Ekim ayı değerlerinin ise Sen T Testine göre istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, 2011-2020 yıllık ortalama bağlı nem değerlerine göre hazırlanan lineer regresyon grafiği Şekil 3.8’de verilmiştir.

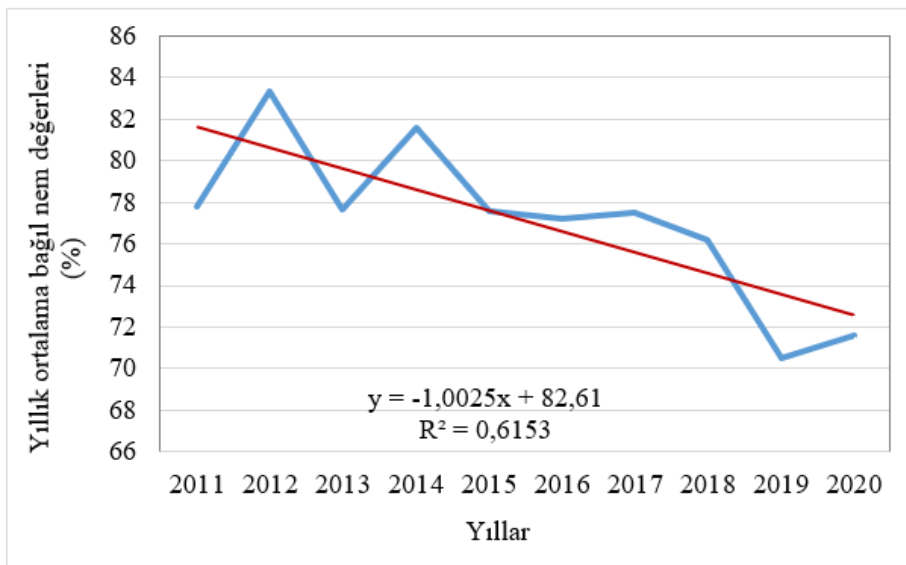
Çizelge 3.5. Bağlı nem değerlerinin değişim analizi sonuçları

Aylar	Aylık Ortalama Bağlı Nem Değerlerinin Değişim Analizleri		
	Lineer Regresyon Testi	Mann-Kendall Testi	Sen T Testi
Ocak	-1,65	-1,97*	-1,60
Şubat	-1,24	-1,25	-1,28
Mart	-1,10	-0,45	-0,20
Nisan	-1,15	-2,15*	-1,30
Mayıs	-0,89	-1,07	-0,60
Haziran	-0,42	-0,89	-0,65
Temmuz	-0,15	-0,54	-0,35
Ağustos	-0,04	-0,54	-0,20
Eylül	-0,15	-0,81	-0,55
Ekim	-1,07	-1,97*	-0,94
Kasım	-2,02	-2,68**	-2,04*
Aralık	-1,93	-1,53	-1,80

*: %5 seviyesinde önemli

** : %1 seviyesinde önemli

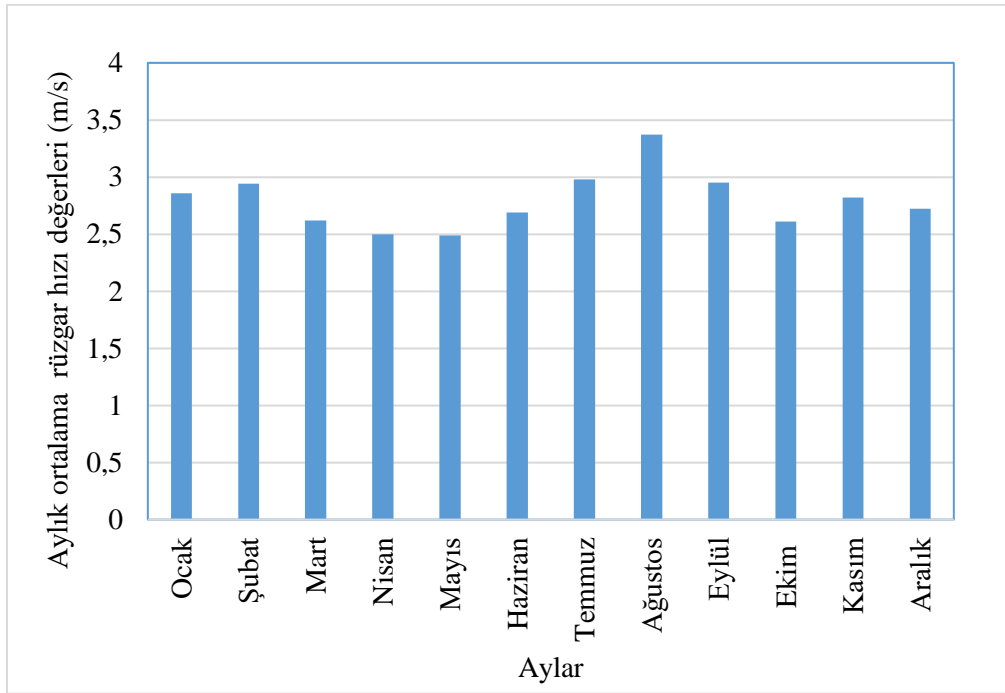
Şekilden 3.8'den görüleceği gibi ölçüm yılları arasında yıllık ortalama bağlı nem değerlerinin azalan bir değişimde olduğu görülmektedir. Bu sonuç ortalama bağlı nem değerlerinin aylık değişimlerine göre gerçekleştirilen değişim analiz sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Özellikle Ekim ve Kasım aylarında ölçülen bağlı nem değerlerinin azalma eğiliminde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.8. 2011-2020 yılları arası yıllık ortalama bağlı nem değerlerinin değişimi

3.5 Ortalama Rüzgar Hızı Değerlerine İlişkin Değişim Analizleri

Tekirdağ ili-Süleymanpaşa ilçesine ait 2011 ile 2020 yılları arasında aylık ve mevsimlik referans bitki su tüketimi hesabında kullanılan ortalama rüzgar hızlarının aylık ortalama değerlere göre hazırlanan grafiği Şekil 3.9’da verilmiştir. Şekilden izleneceği gibi aylık olarak ortalama rüzgar hızı değerlerinin Ağustos ayında maksimum değerlere ve Nisan ve Mayıs aylarında minimum değerlere ulaştığı görülmüştür. Tekirdağ ili-Süleymanpaşa ilçesi için 2011-2020 yılları arasında ölçülen ortalama rüzgar hızı değerlerinin Lineer Regresyon Testi, Mann-Kendall Testi ve Sen Trend Eğilim Testi sonuçları Çizelge 3.6’da verilmiştir.



Şekil 3.9. 2011-2020 yılları arası aylık ortalama rüzgar hızı değerlerinin değişimi

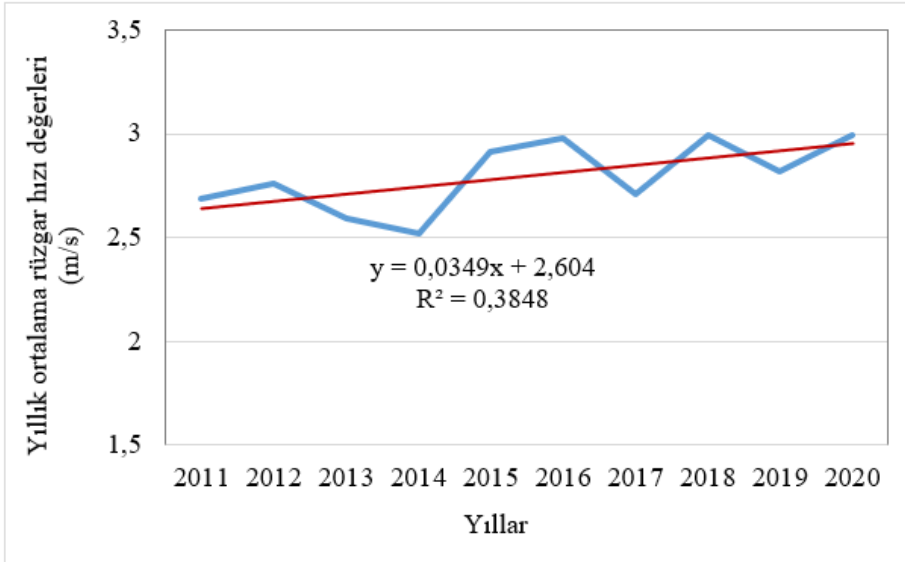
Çizelge 3.6’dan görüleceği gibi 2011-2020 yılları arasında elde edilen aylık rüzgar hızı değerlerine uygulanan Lineer Regresyon Testi, Mann-Kendall Testi ve Sen T Testi değişim analizleri sonucunda ortaya çıkan artan değişimlerin; Ocak, ayı için Mann-Kendall Testi göre istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, 2011-2020 yıllık ortalama rüzgar hızı değerlerine göre hazırlanan lineer regresyon grafiği Şekil 3.10’da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Rüzgar hızı değerlerinin değişim analizi sonuçları

Aylar	Aylık Ortalama Rüzgar Hızı Değerlerinin Değişim Analizleri		
	Lineer Regresyon Testi	Mann-Kendall Testi	Sen T Testi
Ocak	0,07	2,27*	0,07
Şubat	0,03	0,90	0,05
Mart	0,08	1,56	0,05
Nisan	-0,01	-0,54	-0,03
Mayıs	0,03	1,82	0,05
Haziran	0,01	0,36	0,01
Temmuz	0,04	1,09	0,04
Ağustos	0,06	1,26	0,05
Eylül	0,08	1,92	0,08
Ekim	-0,03	-0,64	-0,03
Kasım	0,03	0,54	0,03
Aralık	0,01	0,75	0,01

*: %5 seviyesinde önemli

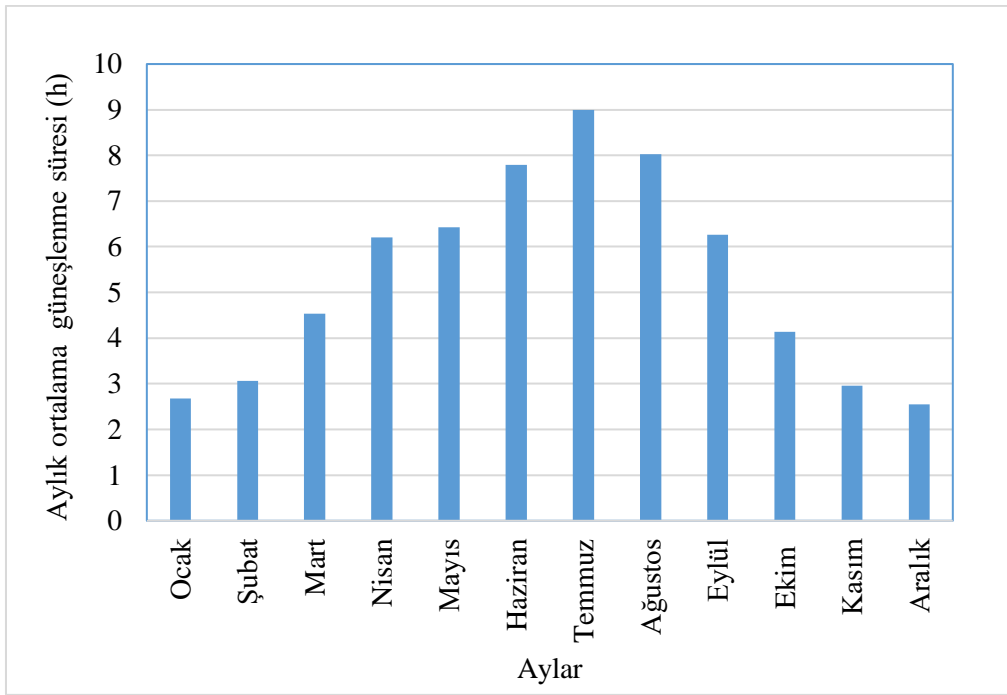
Şekil 3.10'dan görüleceği gibi ölçüm yılları arasında yıllık ortalama rüzgar hızı değerlerinin artan bir değişimde olduğu görülmektedir. Bu sonuç ortalama rüzgar hızı değerlerinin aylık değişimlerine göre gerçekleştirilen değişim analiz sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Özellikle Ocak ayında ölçülen rüzgar hızının artan eğiliminde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.10. 2011-2020 yılları arası yıllık ortalama rüzgar hızı değerlerinin değişimi

3.6 Ortalama Güneşlenme Süresi Değerlerine İlişkin Değişim Analizleri

Tekirdağ ili-Süleymanpaşa ilçesine ait 2011 ile 2020 yılları arasında aylık ve mevsimlik referans bitki su tüketimi hesabında kullanılan ortalama güneşlenme sürelerinin aylık ortalama değerlere göre hazırlanan grafiği Şekil 3.11’de verilmiştir. Şekilden izleneceği gibi aylık olarak ortalama güneşlenme sürelerinin Kasım, Aralık ve Ocak aylarında minimum değerlere ve Temmuz ile Ağustos aylarında maksimum değerlere ulaştığı görülmüştür. Tekirdağ ili-Süleymanpaşa ilçesi için 2011-2020 yılları arasında ölçülen ortalama güneşlenme süresi değerlerinin Linear Regresyon Testi, Mann-Kendall Testi ve Sen Trend Eğilim Testi sonuçları Çizelge 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.11. 2011-2020 yılları arası aylık ortalama güneşlenme süresi değerlerinin değişimi

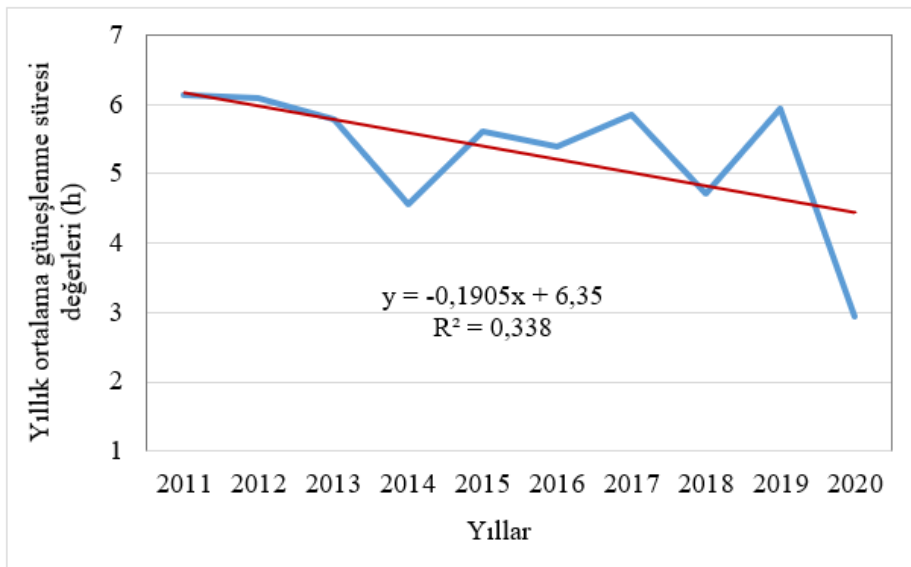
Çizelge 3.7’den görüleceği gibi 2011-2020 yılları arasında elde edilen aylık güneşlenme süresi değerlerine uygulanan Linear Regresyon Testi, Mann-Kendall Testi ve Sen T Testi değişim analizleri sonucunda ortaya çıkan azalan değişimlerin; Temmuz ve Ağustos ayları için Mann-Kendall Testi göre istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, 2011-2020 yıllık ortalama güneşlenme hızı değerlerine göre hazırlanan lineer regresyon grafiği Şekil 3.12’de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Güneşlenme süresi değerlerinin değişim analizi sonuçları

Aylar	Aylık Ortalama Güneşlenme Süresi Değerlerinin Değişim Analizleri		
	Lineer Regresyon Testi	Mann-Kendall Testi	Sen T Testi
Ocak	0,02	0,09	0,02
Şubat	0,01	0,01	0,03
Mart	-0,04	-0,54	-0,11
Nisan	0,11	0,54	0,18
Mayıs	-0,20	-1,25	-0,16
Haziran	-0,26	-1,25	-0,28
Temmuz	-0,32	-2,33*	-0,31
Ağustos	-0,50	-2,25*	-0,31
Eylül	-0,55	-1,79	-0,51
Ekim	-0,23	-0,89	-0,15
Kasım	-0,13	-0,72	-0,15
Aralık	-0,18	-0,89	-0,18

*: %5 seviyesinde önemli

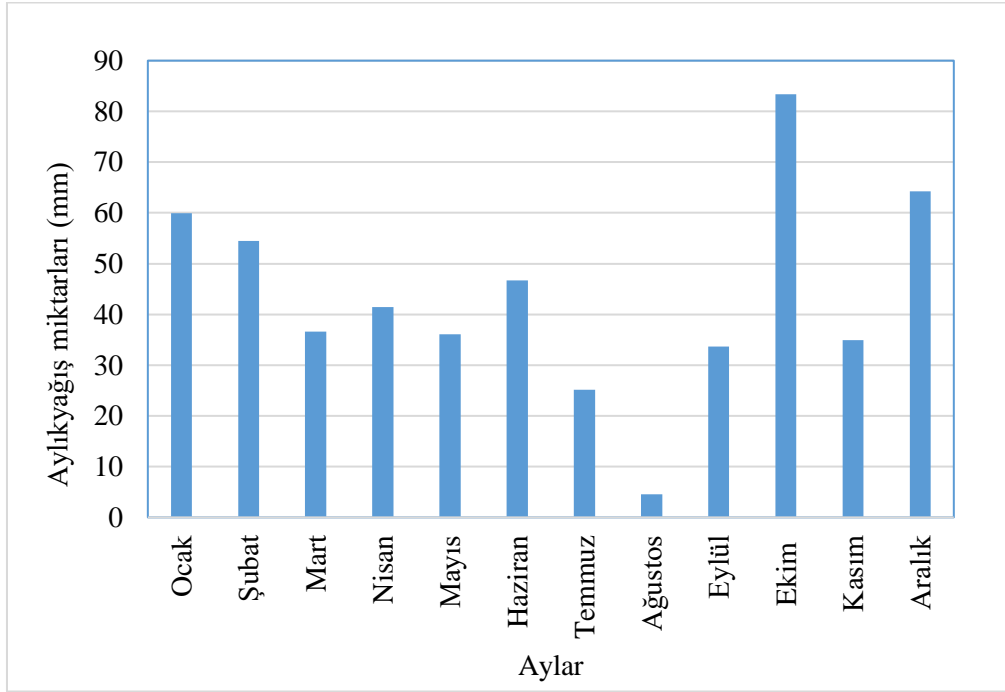
Şekil 3.12'den görüleceği gibi ölçüm yılları arasında yıllık ortalama güneşlenme süresi değerlerinin azalan bir değişimde olduğu görülmektedir. Bu sonuç ortalama güneşlenme süresi değerlerinin aylık değişimlerine göre gerçekleştirilen değişim analiz sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Özellikle Temmuz ve Ağustos aylarında ölçülen güneşlenme süresi değerlerinin azalan eğiliminde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.12. 2011-2020 yılları arası yıllık ortalama güneşlenme süresi değerlerinin değişimi

3.7 Aylık Yağış Miktarlarına İlişkin Değişim Analizleri

Tekirdağ ili- Süleymanpaşa ilçesine ait 2011 ile 2020 yılları arasında ölçülen aylık yağış miktarlarına göre hazırlanan grafik Şekil 3.13’de verilmiştir. Şekilden izleneceği gibi aylık yağış miktarlarının Ekim ve Aralık aylarında maksimum değerlere ve Temmuz ile Ağustos aylarında minimum değerlere ulaştığı görülmüştür. Tekirdağ ili-Süleymanpaşa ilçesi için 2011-2020 yılları arasında ölçülen aylık yağış miktarı değerlerinin Lineer Regresyon Testi, Mann-Kendall Testi ve Sen Trend Eğilim Testi sonuçları Çizelge 3.8’de verilmiştir.



Şekil 3.13. 2011-2020 yılları arası aylık yağış miktarı değerlerinin değişimi

Çizelge 3.8’den görüleceği gibi 2011-2020 yılları arasında elde edilen aylık yağış değerlerine uygulanan Lineer Regresyon Testi, Mann-Kendall Testi ve Sen T Testi değişim analizleri sonucunda ortaya çıkan azalan yönde değişimlerin; Nisan, Eylül, Ekim ve Aralık ayları için Lineer Regresyon Testi, Mann-Kendall Testi ve Sen T Testine göre istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, 2011-2020 yıllık yağış değerlerine göre hazırlanan lineer regresyon grafiği Şekil 3.14’de verilmiştir.

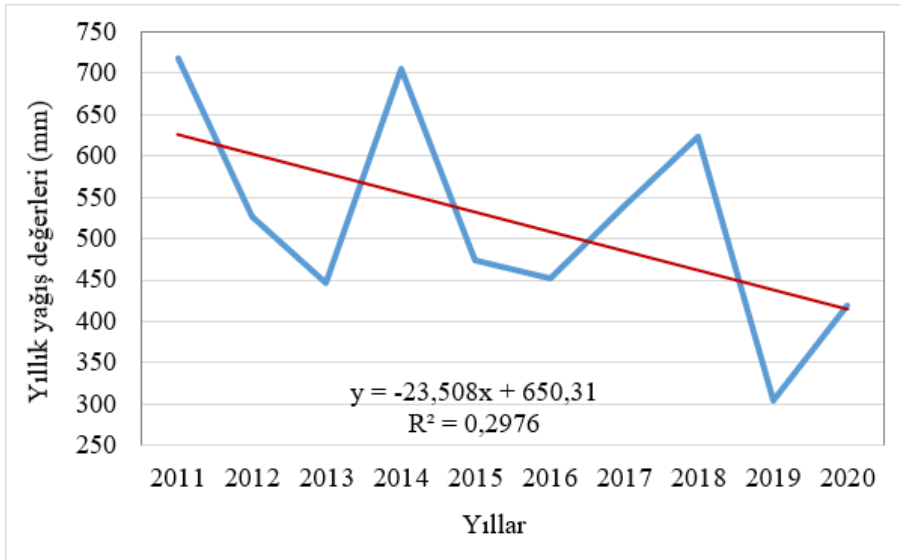
Çizelge 3.8. Aylık yağış miktarlarının değişim analizi sonuçları

Aylar	Aylık Yağış Miktarı Değerlerinin Değişim Analizleri		
	Lineer Regresyon Testi	Mann-Kendall Testi	Sen T Testi
Ocak	0,37	0,18	0,55
Şubat	0,43	0,01	0,01
Mart	0,11	0,01	0,05
Nisan	-3,13	-1,25	-3,46***
Mayıs	0,41	0,36	1,8
Haziran	-0,29	0,18	0,2
Temmuz	2,02	-0,18	-0,03
Ağustos	-0,79	-1,54	-0,38
Eylül	-8,15***	-0,72	-1,80
Ekim	-9,72***	-2,33*	-9,68***
Kasım	1,47	0,36	2,30
Aralık	-6,25***	-0,18	-4,01***

*: %5 seviyesinde önemli

***: %0,1 seviyesinde önemli

Şekil 3.14'den görüleceği gibi ölçüm yılları arasında yıllık yağış miktarı değerlerinin azalan bir değişimde olduğu görülmektedir. Bu sonuç yıllık yağış değerlerinin aylık değişimlerine göre gerçekleştirilen değişim analiz sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Özellikle Ekim ve Aralık aylarında ölçülen aylık yağış değerlerinin azalan eğiliminde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.14. 2011-2020 yılları arası yıllık yağış miktarı değerlerinin değişimi

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

İklim değişikliği hidrolojik çevrim, su kaynakları, onların yerel-bölgesel-küresel yönetimi ve dağıtımını üzerine önemli ölçüde etki etmektedir. Anılan etkilerin çok yavaş ve uzun yıllar süresince ortaya çıkacağı tahmin edilmektedir. Ancak bunun zararlı uyarılarını insanlık bugünden duyumsar hale gelmiştir. Yıl boyunca nehir, çay, ırmak ve dere akışlarında birçok değişiklikler oluşmaktadır. Nehir akış rejimleri değişmekte, sel, kuraklık gibi doğal afetlerin olma sıklığı artmaktadır. Nehir akışlarında zaman içinde ileriye ve geriye doğru kaymalar oluşturmaktadır. Ayrıca dere akışları değişmekte, yeraltı suyu beslenmesi bölgesel yağış rejimlerine bağlı olarak artmakta veya azalmaktadır. Küresel ısınmanın su sağlama üzerinde önemli etkileri olacağı kesindir ve yağış değişkenliğinin artması, tarım sektöründe önemli sorunlar oluşturacaktır. Daha sıcak iklim hidrolojik döngüyü hızlandıracak, yağış ve evapotranspirasyonunun (ET) küresel miktarlarında artış olacaktır. Dağlardaki karın erimesinden oluşan yüzey akış gibi yağışın zamansal dağılımı da tarihsel biçimlerinden farklılık gösterebilir. Bu değişikliklerin bazılarının gerçekleşmesine karşın, bölgesel etkileri iyi biçimde bilinmemektedir. Hidrolojik belirsizlikler özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, yağış ve sıcaklıktaki göreceli olarak küçük değişikliklerin yüzey akışı ile ET'nin hacmi ve zamanlaması üzerinde oldukça büyük etkilere sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Kısaca küresel ısınma, sulama uygulamalarını ve bir bütün olarak toplumu önemli yeni belirsizlikler ve sorunlarla karşı karşıya bırakmaktadır (Kanber vd., 2010). Bu amaçla yürütülen araştırmada Tekirdağ ilinin küresel iklim değişikliğine adaptasyonunun belirlenmesi amacıyla yöre koşullarındaki bitkilerin bitki su ihtiyacının belirlenmesinde kullanılan referans bitki su tüketimi (ET_0) değerlerinin değişiminin analizi gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada Tekirdağ ili Süleymanpaşa ilçesi Meteoroloji İstasyonundan 2011 ile 2020 yılları arasında elde edilen minimum sıcaklık (T_{min}), maksimum sıcaklık (T_{max}), ortalama bağıl nem (RH_{ort}), 10 m yükseklikte ölçülen ortalama rüzgar hızı (u), günlük güneşlenme süresi (n) ve ortalama aylık yağış miktarları (P) dikkate alınmıştır. İklim verilerinden yararlanılarak referans bitki su tüketiminin (ET_0) tahmin edilmesinde, Allen vd., (1998) tarafından Penman-Monteith yönteminin revize edilmesi ile elde edilen ve FAO56-PM olarak tanımlanan yöntem kullanılmıştır. Referans bitki su tüketiminin değişim analizlerinin belirlenmesinde ise Lineer Regresyon Testi, Mann-Kendall Testi ve Sen Trend Eğim Testi kullanılmıştır.

Araştırma sonucunda, 2011-2022 yılları arasında hesaplanan referans bitki su tüketimi değerlerine göre uygulanan Lineer Regresyon Testi, Mann-Kendall Testi ve Sen T Testi değişim analizleri sonucunda Temmuz ve Haziran ayında azalan değişimin önemli olduğu belirlenmiştir. Referans bitki su tüketimi hesabında kullanılan iklim parametrelerinden minimum sıcaklık değerlerinin artan bir eğilimde olmasına karşın bu değişimin istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür. Değerlendirme yılları arasında maksimum sıcaklık değerlerinin azalan bir eğilimde olduğu ve özellikle Temmuz ayındaki değişimin istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir. Ortalama bağıl nem değerlerinin azalan bir eğilimde olduğu ve Ocak, Nisan, Ekim ve Kasım aylarındaki değişimin istatistiksel açıdan önemli olduğu saptanmıştır. Ortalama rüzgar hızı değerlerinin değişiminin artan bir eğilimde olduğu ve özellikle Ocak ayındaki değişimlerin istatistiksel açıdan önemli olduğu görülmüştür. Referans bitki su tüketiminin hesabında kullanılan diğer bir parametre olan ortalama güneşlenme süresinin ise azalan bir eğilimde olduğu ve özellikle Temmuz ve Ağustos aylarındaki değişimlerin istatistiksel açıdan önemli olduğu saptanmıştır.

Doğal yağış miktarındaki değişimlerin belirlenmesi sulu tarım alanlarında uygulanacak sulama suyu miktarının belirlenmesinde ve kuru tarım arazilerinde bitki gelişimi ve elde edilecek ürünün verim ile kalitesi açısından önemlidir. Yürütülen çalışmada ölçüm periyotlarındaki aylık yağış miktarlarının değişimi de incelenmiştir. Yapılan değişim analizleri sonucunda, aylık yağış miktarlarının azalan bir eğilimde olduğu ve özellikle Nisan, Eylül, Ekim ve Aralık aylarındaki değişimlerin istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir. Bölge koşullarında özellikle hububat ve ayçiçeği ekim aylarını içerisine alan periyotlardaki bu azalış miktarının gelecek yıllardaki üretim planlamasında dikkate alınması önemlidir.

Küresel iklim değişikliğinin önemli olduğu günümüz koşullarında, Tekirdağ ilindeki iklim parametrelerindeki değişiminde önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Elde edilen sonuçların bölge koşullarında gelecekteki tarımsal üretim planlamalarına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Ahmad, M.J., Choi, K.S. (2018). Influence of climate variables on FAO Penman-Monteith reference evapotranspiration in the Upper Chenab Canal command area of Pakistan. *Paddy and Water Environment*, 16 (3),425-438.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998). *Crop Evapotranspiration*, FAO Irrigation and Drainage Paper No56, Rome.
- Amarkai, P.A. (2019). *İklim parametrelerindeki değişimin bitki su tüketimine etkisi* (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Ankara.
- Anlı, A.S. (2014). Güneydoğu Anadolu Bölgesinde referans bitki su tüketiminin (ET₀) zamansal değişimi ve RDI (Keşif Kuraklık İndeksi) yöntemiyle meteorolojik kuraklık analizi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20 ,248-260.
- Anonim, (2021). 2021 Yılı Tarım Raporu, Tekirdağ Tarım İl Tarım ve Orman Müdürlüğü.
- Arabi, C. (2021). *Marmara Bölgesinde referans bitki su tüketiminin alansal ve zamansal değişimi* (Yüksek Lisans Tezi), Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Arabi, C., Candoğan, B.N. (2022). Marmara Bölgesinde referans bitki su tüketiminin alansal ve zamansal değişimi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 8(2):268-281.
- Bayraç, H.N., Doğan E. (2016). Türkiye’de iklim değişikliğinin tarım sektörü üzerine etkileri. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 11 (1), 23-48.
- Bircan, N., Kızıl, Ü. (2021). Referans evapotranspirasyon hesabında kullanılacak android tabanlı bir uygulamanın geliştirilmesi. *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg.* 9 (2), 247-257.
- Büyükkaracığan, N. (2019). *Hidrolojik Verilerin Değişkenlik Analizi ve Uygulamaları*. İksad Yayınevi, Ankara.
- Cömert, M.M., Yürekli, K., Erdoğan, M. (2019). Determination by parametric and non-parametric methods of montly, seasonal and annual reference evapotranspiration change of Tokat Province. 1st International Congress of the Turkish Journal of Agriculture.
- Croitoru, A.E., Piticar, A., Dragota, C.S., Burada, D.C. (2011). Effects of variations in climatic parameters on evapotranspiration in Romania. *Global and Planetary Change*. 111, 127-136.
- Deveci, H. (2015). *Trakya Bölgesi’nde iklim değişikliğinin yüzey su kaynakları, toprak nemi ve bitki verimine etkisinin modellenmesi* (Doktora Tezi), Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Dinpashoh, Y., Jhajharia, D., Fakheri-Fard, A., Singh, V.P., Kahya, E. (2011). Trends in reference crop evapotranspiration over Iran. *Journal of Hydrology*, 399 (2011),422-433.

- Feng, Y., Cui, N., Zhao, L., Gong, D., Zhang, K. (2017). Spatiotemporal variaiton of reference evapotranspiration during 1954-2013 in Southwest China. *Quaternary International*, 441 (2017), 129-139.
- Gilbert, R.O. (1987). *Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring*. VAN Nostrand Reinhold Company, USA.
- Gocic, M., Trajkovic, S. (2013). Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator stastical tests in Serbia. *Global and Planetary Change*, 100, 172-182.
- Goyal, R.K. (2014). Sensitivity of evapotranspiration to global warming: a case study of arid zone of Rajasthan (India) *Agricultural Water Management*, 69 (2004), 1-11.
- Hu, X., Chen, M., Liu, D., Li, D., Jin, L., Liu, S., Cui, Y., Dong, B., Khan, S., Lou, Y. (2021). Reference evapotranspiration change in Heilongjiang Province, China form 1951 to 2018: The role of climate change and rice area expansion. *Agricultural Water Management*, 253 (2021), 1-14.
- Hussain, M., Mahmud, I. (2019). pyMannKendall: a python package for non parametric Mann Kendall family of trend tests. *Journal of Open Source Software*, 4(39), 1556.
- Irmak, S., Kabenge, I., Skaggs, K., Mutiibwa, D. (2012). Trend and magnitude of changes in climate variables and reference evapotranspiration over 116-year period in the Platte River Basin, central Nebraska-USA. *Journal of Hydrology* 420-421: 228-244.
- Jensen, M.E., Wright, J.L. (1971). The role of evapotranspiration models in irrigation scheduling. *Transactions of the ASAE*, 21(1), 82-87.
- Kadioğlu, M., Ünal, Y., İlhan, A., Yürük, C. (2017). Türkiye'de İklim Değişikliği ve Tarımda Sürdürülebilirlik, Türkiye Gıda ve İçecek Sanayii Dernekleri Federasyonu. Erişim adresi: <https://www.tgdf.org.tr/wp-content/uploads/2017/10/iklim-degisikligi-rapor-elma.compressed.pdf>
- Kanber, R., Baştuğ, R., Büyüktaş, D., Ünlü, M., Kapur, B. (2010). Küresel İklim Değişikliğinin Su Kaynakları ve Tarımsal Sulamaya Etkileri, TMMOB ZMO, Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1, 11-15 Ocak, s.83-118, Ankara.
- 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.
- Kendall, M.G. (1975). *Rank Correlation Methods*. Griffin, London.
- Mann, H.B. (1945). Nonparametric test aganist trend. *Econometrica*, 13, 245-259.
- Mohamed Jille, A. (2022). *İklim verilerinin ve referans bitki su tüketiminin Konya İli Ereğli İlçesinde yıllara göre değişimi* (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Ankara.
- Ngesa, G.S.O. (2014). *Estimation of impacts of climate change on irrigation water requirements of different crops in Embu-Kenya* (M. Sc. Thesis), Ankara University,

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Farm Structures and Irrigation, Ankara.

- Oliveria, R.G., Junior, L.C.G., Silva, J.B., Espindola, D.A.F.L., Lopes, R.D., Nogueira, J.S., Curado, L.F.A., Rodrigues, T.R. (2021). Temporal trend changes in reference evapotranspiration contrasting different land uses in Southern Amazon Basin. *Agricultural Water Management*, 250 (2021), 1-14.
- Özler, İ. (2022). *Orta Karadeniz Bölgesi için referans bitki su tüketimindeki (ET₀) değişimin analizi* (Yüksek Lisans Tezi), Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- Öztürk, İ. (2019). *TR21 Trakya Bölgesi'nde İklim Değişikliği ve Sürdürülebilir Tarımsal Üretim*, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Edirne. Erişim adresi: http://www.iklimin.org/wp-content/uploads/2018/01/Bo%CC%88lu%CC%88m9_I%CC%87rfan_O%CC%88ztu%CC%88rk.pdf.
- Salmi, T., Maatta, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T., Amnell, T. (2002). Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates MAKESENS-The excel template application. *Finish Meteorological Institute*, Helsinki.
- Selçuk, E.B. (2021). *Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin sıcaklık ve referans evapotranspirasyona etkisinin değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi), İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Malatya.
- Sen, P.K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau, *Journal of the American statistical association*, 63 (324), 1379-1389.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü [MGM], (2021). İllere ait mevsim normalleri. Erişim adresi https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=TEKIRDAG_
- The Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], (2014). *Fifth Assessment Report*. Erişim adresi: <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5/>
- Türkeş, M., Sümer, U.M., Çetiner, G. (2000). Küresel İklim Değişikliği ve Etkileri. Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çevre Sözleşmesi Seminer Notları, İstanbul Sanayi Odası: 7-24.
- Ünlükara, A., Yürekli, K.i Aküzüm, T., Örs, İ., Safi, S. (2011). Konya ve Karaman illerinde bitki su tüketimi (ET₀) değişiminin analizi. *TABAD*, 4(1): 1-5.
- Vardar, D. (2020). *Denizli İli Meteorolojik Verilerinin Trend Analizi* (Tezsiz Yüksek Lisans Dönem Projesi), Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, T.E., Haberland, M., Reddy, T., Cournapeau, D., ... & Van Mulbregt, P. (2020). SciPy 1.0: fundamental algorithms for scientific computing in Python. *Nature methods*, 17(3), 261-272.

- Wu, H., Xu, M., Peng, Z., Chen, X. (2021). Temporal variations in reference evapotranspiration in the Tarim River Basin, Central Asia. *Plos One*, 16 (6), 1-16.
- Yassen, A.N., Nam, W., Hong, E. (2020). Impact of climate change on reference evapotranspiration in Egypt. *Catena*, 194 (2020), 1-11.
- Yavuz, S. (2009). Regresyon analizinde doğrusala dönüştürme yöntemleri ve bir uygulama. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(1):165-179.
- Yenigün, K., Gümüş, V., Bulut, H. (2008). Trends in streamflow of the Euphrates basin, Turkey. *Water Management*, 161: 189-198.
- Yürekli, K. (2019). Detecting change-point in seasonal reference evapotranspiration. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36 (3), 206-210.
- Yürekli, K., Ünlükara, A., Safi, S. (2010). Kayseri İlinde mevsimsel bitki su tüketimindeki (ET₀) değişiminin saptanması. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3 (2), 21-25.
- Zhang, Y.D., Zheng, S.Z., Lu, C., Jia, H.W., Huang, W.Y. (2018). Spatial Distribution of reference crop evapotranspiration in Hangjahu Area. The 4th International Conference on Water Resource and Environment IOP Conf. Ser, Earth Environ.