

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İÇ ANADOLU BÖLGESİ REFERANS
EVAPOTRANSPIRASYON FREKANS ANALİZİ VE
EVAPOTRANSPIRASYON HESAPLAMALARINDA
SOLAR RADYASYON PARAMETRELERİ**

**Hazırlayan
Ümmügülsüm ŞİMŞEK**

**Danışman
Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA**

Yüksek Lisans Tezi

**Temmuz 2019
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İÇ ANADOLU BÖLGESİ REFERANS
EVAPOTRANSPIRASYON FREKANS ANALİZİ VE
EVAPOTRANSPIRASYON HESAPLAMALARINDA
SOLAR RADYASYON PARAMETRELERİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Ümmügülsüm ŞİMŞEK**

**Danışman
Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA**

**Temmuz 2019
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

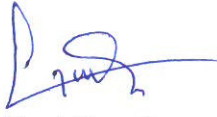
Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Ümmügülsüm ŞİMŞEK

İmza :

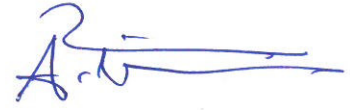


“İç Anadolu Bölgesi Referans Evapotranspirasyon Frekans Analizi ve Evapotranspirasyon Hesaplamalarında Solar Radyasyon Parametreleri” adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.



Tezi Hazırlayan

Ümmügülsüm ŞİMŞEK



Danışman

Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA



Biyosistem Mühendisliği ABD Başkanı

Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA

KABUL ONAY

Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA danışmanlığında Ümmügülsüm ŞİMŞEK tarafından hazırlanan “İç Anadolu Bölgesi Referans Evapotranspirasyon Frekans Analizi ve Evapotranspirasyon Hesaplamalarında Solar Radyasyon Parametreleri” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Biyosistem Mühendisliği** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

04/07/2019

JÜRİ:

Danışman : Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA
 Üye : Prof. Dr. Halil KIRNAK
 Üye : Doç. Dr. Sinan GERÇEK

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 23/07/2019 tarih ve 10/9/42-05 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR

Lisans ve Yüksek Lisans Çalışmalarımın her aşamasında yanımda olup desteklerini, değerli bilgilerini hiç esirgmeden benimle paylaşan, gelecekteki mesleki hayatımda da bana verdiği değerli bilgilerden her zaman faydalanacağım saygıdeğer danışman hocam; Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her alanında kararlarımı sorgulamadan yanımda olan, maddi ve manevi her sıkıntıda sabırla ve sevgiyle destek olan canım annem Ayşe EFİLTİ'ye ve hayatımda ki öncüm sevgili babam Ahmet EFİLTİ'ye çok teşekkür ederim.

Destekleriyle beni onurlandıran hayatımın en önemli değerlerinden Sevgili kardeşlerime çok teşekkür ederim.

Değerli eşim Mehmet Rıdvan ŞİMŞEK'e her konuda ki desteği, sevgisi ve saygısı için çok teşekkür ederim.

Üniversite hayatım boyunca desteğini esirgemeyen çok değerli Selahattin AYDEMİR'e çok teşekkür ederim

Ümmügülsüm ŞİMŞEK
Kayseri, Temmuz 2019

İÇ ANADOLU BÖLGESİ REFERANS EVAPOTRANSPIRASYON FREKANS ANALİZİ VE EVAPOTRANSPIRASYON HESAPLAMALARINDA SOLAR RADYASYON PARAMETRELERİ

Ümmügülsüm ŞİMŞEK

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2019

Danışman: Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA

ÖZET

Bitki su tüketimi tahminlerinde atmosferin bitki üzerindeki buharlaştırma talebi, referans evapotranspirasyon (ET_0) ile gösterilmektedir. ET_0 ile bitki gelişme dönemine göre değişen bitki katsayıları çarpılarak bitki su tüketimi tahmin edilir. Standart bir yöntem olarak referans evapotranspirasyon hesaplamalarında FAO 56 Penman-Monteith yöntemi kullanılmaktadır. Herhangi bir bölgenin referans evapotranspirasyon hesaplamaları için öncelikle yerel Angstrom katsayılarının kullanılması tavsiye edilmektedir. İşte bu çalışmanın birincil amacı İç Anadolu Bölgesi için yerel Angstrom katsayılarının belirlenmesidir. Bu amaçla Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan illere ilişkin uzun yıllar iklim verileri temin edilmiştir. İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan Kayseri, Ankara, Kırıkkale, Kırşehir, Aksaray, Yozgat, Sivas, Niğde ve Karaman illeri Angstrom katsayıları saptanmıştır. Güneş radyasyonu verilerindeki problemler nedeniyle Konya, Nevşehir, Çankırı ve Eskişehir için Angstrom katsayıları belirlenememiştir. İllere ilişkin belirlenen Angstrom katsayıları kullanılarak aylık ortalama referans evapotranspirasyon verileri hesaplanmıştır. Angstrom katsayıları belirlenemeyen 4 ilde ise önerilen $a_s=0.25$ ve $b_s=0.50$ ile hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Uzun yıllar ET_0 veri serisine frekans analizi yapılarak %5, %10, %25, %50, %75 ve %95 ihtimalle görülmesi muhtemel ET_0 değerleri belirlenmiş ve frekans eşitlikleri verilmiştir. Yıllık ortalama toplamolar bakımından en düşük ET_0 değerine 1004 mm ile Sivas ili ve en yüksek 1609 mm ile Niğde ili sahip olmuştur. Tüm illerde yıllık toplam ET_0 değerleri, Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri rehber değerlerinden %14.5-39.8 oranında daha yüksek bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Referans evapotranspirasyon, İç Anadolu Bölgesi, Angstrom katsayıları, frekans analizi

REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION FREQUENCY ANALYSIS AND SOLAR RADIATION PARAMETERS IN CENTRAL ANATOLIAN REGION

Ümmügülsüm ŞİMŞEK

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, July-2019

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali ÜNLÜKARA

ABSTRACT

Atmospheric evaporation demand on crop water consumption has been presented by reference evapotranspiration. Crop water consumption was estimated by multiplying reference evapotranspiration with crop coefficients depending on crop growth stage. Recently, FAO 56 Penman-Monteith method was offered as a sole standard method to estimate reference evapotranspiration. Regional Angstrom coefficients are required to estimate ET_0 of any region. Therefore, one of purposes of this study is to obtain regional Angstrom coefficient of the provinces of The Central Anatolian Region in Turkey. Long term related meteorological records belong to the provinces were supplied from Turkish Meteorological General Directorate. As a result, monthly Angstrom coefficients of Kayseri, Ankara, Kırıkkale, Kırşehir, Aksaray, Yozgat, Niğde and Karaman provinces were determined. Angstrom coefficients of Konya, Nevşehir, Çankırı and Eskişehir were not determined due to lack of related radiation data. So, recommended coefficients ($a_s= 0.25$ and $b_s= 0.50$) by FAO 56 procedure were used to calculate ET_0 of the last four provinces. Frequency analysis of long-term monthly evapotranspiration data were performed and reference evapotranspiration values at 5%, 10%, 25%, 50%, 75% and 95% probability were determined and frequency equations of ET_0 were presented for these provinces. Sivas province had the lowest annual ET_0 as 1004 mm while Niğde province had the greatest value as 1609 mm. Annual ET_0 values in Central Anatolian Region were found 14.5-39.8% higher than ones presented by the Guidelines of Evapotranspiration of Irrigated Crops in Turkey.

Key Words: Reference evapotranspiration, Black Sea Region, Angstrom coefficients and frequency analysis

İÇİNDEKİLER

İÇ ANADOLU BÖLGESİ REFERANS EVAPOTRANSPIRASYON FREKANS ANALİZİ VE EVAPOTRANSPIRASYON HESAPLAMALARINDA SOLAR RADYASYON PARAMETRELERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI.....	ii
KABUL ONAY	iii
ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLO LİSTESİ	xi
ŞEKİL LİSTESİ	xiii
RESİM LİSTESİ.....	xiv
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

LİTERATÜR ÖZETİ	5
-----------------------	---

2.BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal	14
2.2. Yöntem	15

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. İç Anadolu Bölgesi Angstrom Katsayıları.....	18
3.2. Referans Evapotranspirasyon ve Frekans Analizi.....	22
3.2.1. Kayseri	22
3.2.2. Ankara.....	26
3.2.3. Eskişehir.....	30
3.2.4. Çankırı	32

3.2.5. Kırıkkale	34
3.2.6. Kırşehir	38
3.2.10. Sivas.....	52
3.2.11. Niğde.....	56
3.2.13. Konya	64

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER.....	69
4.1. Sonuç ve Öneriler.....	69
KAYNAKLAR.....	71
ÖZGEÇMİŞ	74

KISALTMALAR VE SİMGELER

<u>SEMBOL</u>	<u>ANLAMI</u>
%	: Yüzde
$(e_s - e_a)$	: Doygun buhar basıncı açığı
$^{\circ}\text{C}$	: Derece celsius
a_s ve b_s	: Angstrom katsayıları
c_p	: Havanın öz ısısı
d_r	: Yerküre güneş arası ters nispi uzaklık
DSİ	: Devlet su işleri
e_a	: Gerçek buhar basıncı
e_s	: Doygun buhar basıncı
ET _o	: Referans evapotranspirasyon
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
G	: Toprak ısı akısı
G_{sc}	: Solar sabit
J	: Yılın gün sayısı
K	: Kelvin
K_c	: Bitki katsayısı
m	: metre
M	: İlgili aya ilişkin Eto veri sayısı
n	: Güneşlenme süresi
N	: Gündüz süresi
P	: Referans evapotranspirasyonun dikkate alınan değerine eşit veya daha yüksek olma ihtimali
R	: Küçükten büyüğe doğru yapılan sıralamada dikkate alınan ETo değerinin sırası
R_a	: Atmosfer dış yüzey radyasyonu
R_n	: Net radyasyon

R_{nl}	: Net uzun dalga radyasyonu
R_{ns}	: Net kısa dalga radyasyonu
RP	: Tekrarlama süresi
r_s	: Yüzey direnci
R_s	: Solar radyasyon
R_{so}	: Açık gökyüzü radyasyonu
T	: 2 myükseklikte ortalama günlük hava sıcaklığı
TAGEM	: Tarımsal araştırmalar ve politikalar genel müdürlüğü
T_{mak}	: Maksimum sıcaklık
T_{min}	: Minumum sıcaklık
U_2	: 2m yükseklikte rüzgâr hızı
α	: Albedo
γ	: Psikrometrik sabit
δ	: Solar deklinasyon açısı
Δ	: Buhar basıncı eğrisinin eğimi
λ_{ET}	: Eşdeğer buharlaşma
ρ_a	: Sabit basınçta ortalama hava yoğunluğu
σ	: Stefan-Boltzman sabiti
φ	: Enlem derecesi
ω_s	: Gün batımı saat açısı

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 İç Anadolu Bölgesi ET_0 hesaplamaları yapılan iller, meteoroloji istasyonu numaraları, istasyon adı, enlem ve boylam dereceleri ve rakımları.....	14
Tablo 3.1. İç Anadolu Bölgesi İlleri Angstrom Katsayıları	21
Tablo 3.2 . Kayseri ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları	24
Tablo 3.3 Aylara göre Kayseri ilinin referansevapotranspirasyonun frekans analizi eşitlikleri.....	24
Tablo 3.4. Ankara ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları	29
Tablo 3.5. Aylara göre Ankara ilinin referansevapotranspirasyonun frekans analizi eşitlikleri.....	29
Tablo 3.6. Eskişehir ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları	31
Tablo 3.7. Aylara göre Eskişehir ilininreferansevapotranspirasyonun frekans analizi eşitlikleri.....	31
Tablo 3.8. Çankırı ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları	33
Tablo 3.9. Aylara göre Çankırı ilinin referans evapotranspirasyonun frekans analizi eşitlikleri.....	33
Tablo 3.10.Kırıkkale ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları	37
Tablo 3.11. Aylara göre Kırıkkale ilinin referans evapotranspirasyonun frekans analizi eşitlikleri.....	37
Tablo 3.12. Kırşehir ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları	41
Tablo 3.13. Aylara göre Kırşehir ilinin referans evapotranspirasyonun frekans analizi eşitlikleri.....	41
Tablo 3.14. Aksaray ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları	45
Tablo 3.15. Aylara göre Aksaray ilinin referans evapotranspirasyonun frekans analizi eşitlikleri.....	45

Tablo 3.16. Nevşehir ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları	47
Tablo 3.17. Aylara göre Nevşehir ilinin referans evapotranspirasyonun frekans analizi eşitlikleri.....	47
Tablo 3.18. Yozgat ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları	51
Tablo 3.19. Aylara göre Yozgat ilinin referans evapotranspirasyonun frekans analizi eşitlikleri.....	51
Tablo 3.20. Sivas ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları	55
Tablo 3.21. Aylara göre sivas ilinin referans evapotranspirasyonun frekans analizi eşitlikleri.....	55
Tablo 3.22. Niğde ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları	59
Tablo 3.23. Aylara göre Niğde ilinin referans evapotranspirasyonun frekans analizi eşitlikleri.....	59
Tablo 3.24. Karaman ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları	63
Tablo 3.25. Aylara göre Karaman ilinin referans evapotranspirasyonun frekans analizi eşitlikleri.....	63
Tablo 3.26. Konya ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları	67
Tablo 3.27. Aylara göre Konya ilinin referans evapotranspirasyonun frekans analizi eşitlikleri.....	67

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1. Kayseri ilinin aylara göre Angstrom katsayıları	22
Şekil 3.2. Kayseri ilinde %95, %50 ve %5 ihtimalle aylık referans evapotranspirasyon değerleri	26
Şekil 3.3. Ankara ilinin aylara göre Angstrom katsayıları	27
Şekil 3.4. Ankara ilinde %95, %50 ve %5 ihtimalle aylık referans evapotranspirasyon değerleri	30
Şekil 3.5. Eskişehir ilinde %95, %50 ve %5 ihtimalle aylık referans evapotranspirasyon değerleri	32
Şekil 3.6. Çankırı ilinde %95, %50 ve %5 ihtimalle aylık referans evapotranspirasyon değerleri	34
Şekil 3.7. Kırıkkale ilinin aylara göre Angstrom katsayıları	35
Şekil 3.8. Kırıkkale ilinde %95, %50 ve %5 ihtimalle aylık referans evapotranspirasyon değerleri	38
Şekil 3.9. Kırşehir ilinin aylara göre Angstrom katsayıları	39
Şekil 3.10. Kırşehir ilinde %95, %50 ve %5 ihtimalle aylık referans evapotranspirasyon değerleri	42
Şekil 3.11. Aksaray ilinin aylara göre Angstrom katsayıları	43
Şekil 3.12. Aksaray ilinde %95, %50 ve %5 ihtimalle aylık referans evapotranspirasyon değerleri	46
Şekil 3.13. Nevşehir ilinde %95, %50 ve %5 ihtimalle aylık referans evapotranspirasyon değerleri	48
Şekil 3.14. Yozgat ilinin aylara göre Angstrom katsayıları	49
Şekil 3.15. Yozgat ilinde %95, %50 ve %5 ihtimalle aylık referans evapotranspirasyon değerleri	52
Şekil 3.16. Sivas ilinin aylara göre Angstrom katsayıları	53
Şekil 3.17. Sivas ilinde %95, %50 ve %5 ihtimalle aylık referans evapotranspirasyon değerleri	56
Şekil 3.18. Niğde ilinin aylara göre Angstrom katsayıları	57
Şekil 3.19. Niğde ilinde %95, %50 ve %5 ihtimalle aylık referans evapotranspirasyon değerleri	60
Şekil 3.20. Karaman ilinin aylara göre Angstrom katsayıları	61
Şekil 3.21. Karaman ilinde %95, %50 ve %5 ihtimalle aylık referans evapotranspirasyon değerleri	64
Şekil 3.22. Konya ilinin aylara göre Angstrom katsayıları	65
Şekil 3.23. Konya ilinde %95, %50 ve %5 ihtimalle aylık referans evapotranspirasyon değerleri	68

RESİM LİSTESİ

Resim 1.1. Su buharı akışı için yüzey (hacim) direnci ve aerodinamik dirençlerin basitleştirilmiş gösterimi	7
Resim 1.2. Teorik referans bitkinin özellikleri.....	9



GİRİŞ

Bitki su tüketimi, sulama sistemlerinin projelendirilmesi, sulamalarının programlanması ve hidrolik çalışmalarda yoğun şekilde kullanılmaktadır. Bitkilerin yaşamları boyunca kullanmış oldukları suyun büyük bir kısmı (%98-99) evapotranspirasyonda kullanılmaktadır. Evapotranspirasyon, toprak yüzeyinden buharlaşma (evaporasyon) ve bitki yüzeylerinden terlemeyle (transpirasyon) kaybedilen suyun her ikisine birlikte denilmektedir. Bitki evapotranspirasyonu (ET_c) bitkinin dinamik özelliklerinden birisi olup sabahtan akşama kadar hava ve toprak nem şartlarına bağlı olarak değiştiği gibi bitki gelişme dönemi boyunca da bitki gelişimine bağlı olarak değişmektedir. Hastalık, toprak tuzluluğu ve toprak verimliliği gibi bir takım çevresel etmenler de bitki evapotranspirasyonu üzerine etkili olmaktadır.

Ya doğrudan ölçüm yoluyla veya tahmin yöntemleriyle bitki evapotranspirasyonu belirlenebilmektedir. Doğrudan ölçümlerde lizimetreler veya bitki toprak su bütçesi yöntemleri kullanılmaktadır. Doğrudan ölçüm yöntemlerinde çevreden izole edilen bir miktar bitki üzerinde ölçümler yapılarak ET_c saptanmaktadır. Çok çeşitli teorik ve deneysel eşitliklerle ET_c tahmin edilmeye çalışılmıştır. Tüm bu yöntemlerde $ET_c = K_c \times ET_o$ eşitliğini esas teşkil etmektedir. Söz konusu eşitlikte bitki gelişme dönemlerine göre değişen bitki katsayı K_c ile ve hava şartlarının etkisi ise referans evapotranspirasyonla (ET_o) dikkate alınmaktadır. Toprak ve bitki yüzeylerinden en yüksek oranda suyun atmosfere verilmesine potansiyel evapotranspirasyon denilmektedir. Günden güne değişen potansiyel evapotranspirasyon, elverişli enerjiye göre değişir. Çim veya yonca gibi özel bir bitkinin potansiyel evapotranspirasyonuna ise referans bitki evapotranspirasyonu denilmektedir (James, 1988).

Atmosferin buharlaşma talebi olarak ta adlandırılan ET_o 'un doğru şekilde tahmin edilmesi ET_c 'un da daha doğru tahmini sonucuna götürecektir. Tarımsal yönetim uygulamaları, bitki tipi ve bitki gelişme dönemlerinden bağımsız şekilde atmosferin bitki evapotranspirasyonu üzerindeki etkisini ortaya koyabilmek için referans

evapotranspirasyon kavramı ileri sürülmüştür. Referans olarak dikkate alınan evapotranspirasyon yüzeyinde su sıkıntısının olmadığı ve toprak faktörlerinin ET_0 'u etkilediği kabul edilir. Bu şekilde bitki evapotranspirasyonunun özel bir yüzeyle yani ET_0 ile ilişkilendirilmesine bir referans sağlar. Böylece bitki çeşitlerine göre ve bunların gelişme dönemlerine göre ayrıca ET tanımlanması yapılmasını gereksiz kılar. Ayrıca ET_0 ile bölgeler arası karşılaştırmalar yapılabildiği gibi aynı bölgede dönemler arasında da karşılaştırmalar yapılmasına imkan sağlar (Allen vd., 1998; Allen vd., 2005).

ET_0 'ı yalnızca iklimsel parametrelerin etkisini yansıtır. Hava verileri dikkate alınarak hesaplanan ET_0 , ET_c üzerinde iklimin etkisini gösterir. Dolayısıyla herhangi bir yer de ve herhangi bir zamanda su tüketimi tahmin edilecek bitki üzerinde atmosferin buharlaştırma gücünü gösterir. Söz konusu bitkinin bitki katsayıları ile toprak faktörlerini dikkate almaz. Referans bitki evapotranspirasyonunu tahmin etmek için çok sayıda yöntem geliştirilmiş olmasına karşılık, son yıllarda FAO Penman-Monteith yöntemi tek bir yöntem olarak önerilmektedir. Çim bitkisinden meydana gelen evapotranspirasyonla ET_0 'ın oldukça benzer sonuçlar vermesi, fiziksel bir taban oluşturması hem aerodinamik hem de fizyolojik parametrelerin net bir şekilde ilişkilendirmesi için bu metod referans seçilmiştir. Standart olarak seçilmiş bu yöntemde çok sayıda iklim parametreleri kullanılmasına karşın eksik veriler söz konusu olduğunda ET_0 'ın tahmini için ek yöntemler geliştirilmiştir (Allen vd., 1998).

Bitki boyu 0.12 m, albedosu 0.23 ve sabit yüzey direnci 70 s m^{-1} olarak kabul edilen bir hipotetik çim yüzey, referans yüzeydir. Geniş bir alanda yetiştirildiği yeri tamamıyla örten bu referans yüzey, üniform bitki boyuna sahip, iyi sulanan ve aktif şekilde büyüyen yeşil çim bitkisini temsil eder. Yaklaşık bir haftalık sulama frekansı sonucu oluşan sabit 70 s m^{-1} 'lik yüzey direnci, orta derecede kuru toprak yüzeyini vurgular (Allen vd., 1998; Allen vd., 2005).

Global radyasyon, kısa dalga radyasyon veya yer yüzeyine ulaşan güneş radyasyonu, en düşük ve en yüksek bağıl nem, en düşük ve en yüksek hava sıcaklıkları ve 2 m yükseklikteki rüzgâr hızının ET_0 tahminlerinde dikkate alındığı FAO 56 Penman-Monteith yönteminde ayrıca enlem derecesi ve rakım verilerine de gerek duyulur. Bu verilerle atmosferin buhar basıncı açığı, doymuş buhar basıncı eğrisinin eğimi,

psikrometrik sabit, referans yüzey tarafından kullanılacak net güneş enerjisi miktarı ve toprak ısı akısı hesaplanır. FAO 56 Peman-Monteith yönteminde kısa dalga solar radyasyon (R_s) hesaplamalarında yaygın olarak kabul gören Angstrom eşitliği veya Angstrom-Prescot eşitliği kullanılmıştır [$R_s = (a_s + b_s \times (n/N)) \times R_a$]. Öncelikle ET_o hesaplamalarında bölgeye özgü Angstrom katsayılarının (a_s ve b_s) kullanımı önerilmiştir. Bölgeye özgü bu katsayıların bulunmaması durumunda ise $a_s = 0.25$ ve $b_s = 0.5$ alınarak ET_o tahminlerine devam edilmesi tavsiye edilmiştir. Referans yüzeyde evapotranspirasyon için kalan net güneş enerjisinin (R_n) belirlenebilmesi için yüzey tarafından net olarak kaybedilen uzun dalga radyasyonun (R_{nl}) tahminine gerek duyulmaktadır. Yer yüzeyinden uzun dalga radyasyon (R_{nl}) hesaplanmasında açık bir günde yer yüzeyine ulaşan güneş radyasyonu (R_{so}) bilinmelidir ve R_{so} hesaplamalarında da Angstrom katsayıları kullanılmaktadır. Dolayısıyla ET_o tahminlerinde gerekli radyasyon hesaplamalarında Angstrom katsayıları ya doğrudan ya da dolaylı olarak işin içerisine girmektedir.

Enerji, evapotranspirasyonun itici gücüdür. Bu gücün büyük bir kısmını güneş enerjisi oluşturur. Atmosfer şartlarına bağlı olarak ve yıl boyu sürekli değişen güneş enerjisi (R_s), ya doğrudan ölçüldüğü gibi güneşlenme süresinden (n) dolaylı olarak ta hesaplanabilmektedir. Türkiye’de genellikle merkez meteoroloji istasyonlarında güneşlenme şiddeti şeklinde güneşten gelen enerji ve güneşlenme süreleri ölçülmektedir. Her iki verinin de kayıt başlangıçları çoğu zaman birbirinden farklıdır. Genelde güneşlenme süresi verileri daha uzun bir kayıt aralığına sahiptir. Meteoroloji istasyonlarındaki cihazların yenilenmesi, bakımı veya onarımı gibi çeşitli nedenlerden dolayı eksik verilerin olduğu dönemler bulunabilmektedir. Angstrom katsayıları biliniyor ise uzun süre rasadı yapılan güneşlenme süresi verilerinden daha uzun bir dönem için ET_o serisi elde edilebilir. Veri eksikliğinin olduğu dönemlerde ölçüm yapılan veri ile ET_o serisi tamamlanabilir.

Bu çalışmanın birincil amacı İç Anadolu Bölgesi için Angstrom katsayılarının belirlenmesidir. Referans evapotranspirasyon (ET_o) tahminleri için mümkün olan kayıt süresi boyunca İç Anadolu Bölgesi merkez istasyonları için referans evapotranspirasyon veri serisinin elde edilmesi çalışmanın ikinci amacını oluşturmaktadır. Bu süreçte İç Anadolu Bölgesi ET_o değerlerine frekans analizi uygulanarak %95, %75, %50, %25,

%10 ve %5 olasılıkla ET_o değerlerinin belirlenmesi ise çalışmanın üçüncü amacını oluşturmaktadır.



1. BÖLÜM

LİTERATÜR ÖZETİ

Bitki yüzeylerinden transpirasyonla ve topraktan evaporasyonla su atmosfere transfer edilir. Her iki sürecin de evaporasyonu içermesi ve birbirlerinden kolay şekilde ayırlanamamalarından dolayı birleştirilerek evapotranspirasyon (ET) denilmiştir. Bitki su tüketimi içerisinde doğrudan bitki ve toprak yüzeylerinden buharlaşma yanında mineral maddeler ve fotosentez ürünlerinin iletilmesi, bitki özümsemesi, yapısal destekleme ve bitki gelişimi için kullanılan su da bulunmaktadır. Bitki su tüketimi ve bitki evapotranspirasyonu arasındaki farkın genellikle %1'den daha küçük olması nedeniyle birbirine eşit kabul edilmektedir (James, 1988).

Bir referans olarak çeşitli çim ve yonca türlerinden meydana gelen evapotranspirasyon, diğer bitkilerin su gereksinimlerinin tahmin edilmesinde kullanılmıştır. Genelde yonca için ET_r ve çim için ET_o kullanımı tercih edilmektedir. ET_r her zaman ET_o 'dan daha büyüktür. Yarı kurak bölgelerde ve orta derecede rüzgârlı şartlarda genelde ET_r tahminleri ET_o 'a göre 1.2 kat kadar daha yüksektir. Bu oran rüzgârlı olmayan nemli alanlarda 1.05 kadar düşük ve rüzgârlı kurak alanlarda ise 1.4 kadar yüksek olabilir. Bazı çim türlerinin daha düşük su tüketmesi ve diğerleri bazı türlerin nispeten daha yüksek su tüketmesi nedeniyle özel bir referans ET_o eşitliğini kalibre etmek için hangi çim türünün kullanıldığının bilinmelidir (Hargreaves ve Merkley, 2004).

Seçilen bitki için lizimetre ölçümleri kullanılarak referans ET kalibre edilen bir eşitliğe göre hesaplanır. Bu eşitlik yalnızca birkaç çevresel değişkenle deneysel olarak geliştirilebilir veya fizik, ısı transferi ve diğer çalışma alanlarına ait prensiplerden elde edilebilir. Bazı çok kompleks referans ET eşitlikleri çok değişken içerebilir ve çok hassas sonuçlar verebilir. Buna karşı uygulamada kompleks bir referans ET eşitliği elverişli ve güvenilir klimatolojik verilere ve diğer verilere dayandırılmalıdır. Genellikle referans ET eşitlikleri sıcaklığa dayalı metotlar, radyasyona dayalı metotlar ve kombine

metotlar şeklinde sınıflandırılabilir. Düzinelerce referans ET eşitlikleri araştırmacılar tarafından önerilmiş ve uygulanmıştır. Fakat bunlardan yalnızca birkaç tanesi genel kullanımda kalmıştır. Sulama ve Drenaj Dairesi, Amerikan İnşaat Mühendisleri Derneği (ASCE) ve Uluslararası Sulama ve Drenaj Komisyonu (ICID) tarafından yapılan son toplantılarda Penman-Monteith Eşitliğinin kullanımı tavsiye edilmiştir (Hargreaves ve Merkle, 2004).

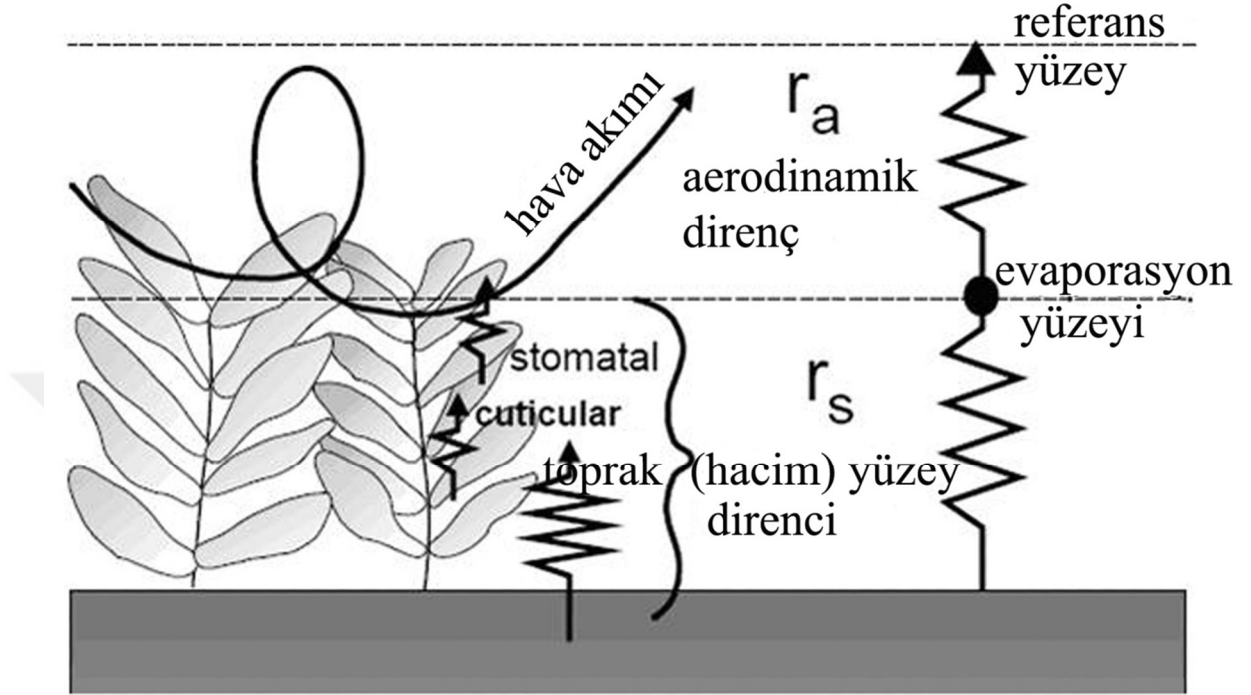
Referans bitki evapotranspirasyonu (ET_0), su eksikliği bulunmayan referans bir yüzeyden olan evapotranspirasyondur. Özel karakterleri olan hipotetik çim yüzey, referans yüzeydir. Tanımlamalarındaki tartışmalar nedeniyle potansiyel ET gibi diğer gösterimlerin kullanılmaları kesinlikle desteklenmemektedir (Allen vd., 1998).

Oldukça pratik kullanıma sahip kap buharlaşması yöntemi ET_0 tahminlerinde kullanılabilir. ET_0 'ı tahmin etmek amacıyla kaptan oluşan su kaybı, kap buharlaşması ile ET_0 arasındaki ilişkiye ait deneysel katsayılar kullanılmış ve başarılı tahminler yapılmıştır. Buna karşın kap buharlaşması yönteminde özel yönetim ve ön uyarılara dikkat edilmelidir.

Açık su yüzeyinden oluşan buharlaşmayı tahmin edebilmek için Penman 1948 yılında enerji dengesi yöntemini ve kütle transfer yöntemini birleştirmiştir. Standart klimatoloji istasyonlarında kaydı tutulan sıcaklık, nem, güneşlenme ve rüzgâr hızı verilerini kullanarak buharlaşmayı tahmin eden bir eşitlik geliştirmiştir. Bu yöntem birleştirilmiş metod olarak adlandırılmış ve birçok araştırmacı tarafından geliştirilen direnç faktörlerinin eklenmesiyle bitki ekili yüzeylerde tahminler yapılması sağlanmıştır.

Yüzey direnci ve aerodinamik direnç faktörleri arasında ayırım yapılmıştır (Resim 1). Tek parametre olarak dikkate alınan yüzey direnci genellikle tek bir parametre (hacim direnci) içerisinde dikkate alınmıştır. Aerodinamik dirençle bağlantılı olarak hacimsel direnç işlemektedir. Toprak yüzeyinden, stoma açıklıklarından ve toplam yaprak alanından oluşan buhar akışına karşı direnç, yüzey direnci (r_s) şeklinde tanımlamaktadır. Vegetasyon üstü dirençleri tanımlayan aerodinamik direnç (r_a), vejetatif yüzeyin üzerindeki hava akışına karşı sürtünmeyi dikkate almaktadır. Bu her iki direnç faktörüyle vejetasyon tabakası ve atmosfer arasındaki buhar akışı sürecinin tamamen tanımlanması aşırı derecede karmaşıktır. Buna rağmen, ölçülen ve hesaplanan

evapotranspirasyon oranları ile üniform çim referans yüzeyi arasında iyi bir korelasyonlar elde edilmiştir (Allen vd., 1998).



Resim 1.1. Su buharı akışına karşı aerodinamik direnç ve yüzey (hacim) direncinin basit şematik gösterimi (Allen vd., 1998)

Birleşik Penman-Monteith eşitliği:

$$\frac{R_n - G}{\rho_a c_p (e_s - e_a) + \frac{\Delta (e_s - e_a)}{\gamma}} = \frac{e_s - e_a}{r_s + r_a} \quad (3)$$

Eşitlikte, G toprak ısı akısını, R_n net radyasyonu, ρ_a sabit basınçta ortalama hava yoğunluğu, c_p havanın özgül ısısını, $(e_s - e_a)$ havanın buhar basıncı açığını, γ psikrometrik sabiti, Δ doymuş buhar basıncı eğrisinin eğimini, r_s ve r_a yüzey (hacim) direnci ve aerodinamik direnci göstermektedir. Üniform vejetasyondan oluşan gizli ısı akısı ve enerji değişimini yöneten tüm parametreler, birleştirilmiş Penman-Monteith yaklaşımıyla dikkate alınmaktadır. Söz konusu parametreler, meteorolojik kayıt verilerinden kolayca hesaplanabilir veya ölçülebilir. Bitkiye özel yüzey ve aerodinamik dirençler kullanılarak herhangi bir bitkinin evapotranspirasyonu bu yöntemle tahmin edilebilir.

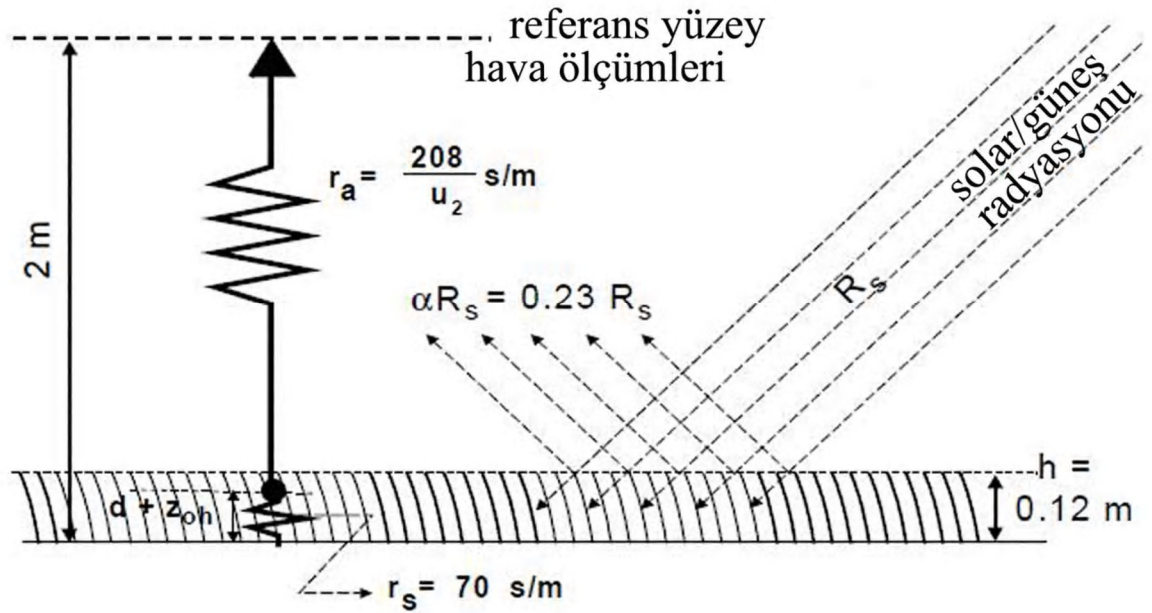
Öne sürülen referans evapotranspirasyon kavramıyla her bir bitki için ve bitkilerin gelişme dönemleri için ayrı ayrı evapotranspirasyon parametrelerinin tanımlanmasına gerek kalmamıştır. Bu şekilde referans yüzeyden meydana gelen evapotranspirasyonla (ET_o) bitkilere ait bitki katsayıları (K_c) kullanılarak bitki evapotranspirasyonu ilişkilendirilmiştir.

Geçmişte, açık su yüzeyi, referans yüzey olarak ileri sürülmüştür. Buna karşın, aerodinamik, vejetasyon kontrolü ve radyasyon karakteristiklerindeki farklılıklar, serbest su yüzeyi buharlaşmasıyla ET 'yi ilişkilendirmede önemli bir dönüm noktasını göstermiştir. Özel bir bitkiyle ET_o 'ın ilişkilendirilmesi, ekili yüzeylerde meydana gelen ET içerisinde bulunan biyolojik ve fiziksel süreçleri ilişkilendirme üstünlüğüne sahiptir.

Çim bitkisi ile yonca, aerodinamik ve yüzey dirençleri bakımından iyice çalışılmış bitkilerdir ve dünya çapında referans yüzey olarak kabul edilmişlerdir. Buhar difüzyonu direncinin güçlü şekilde bitki boyuna, yer örtüsüne, yaprak alan indeksi (LAI) ve toprak nem şartlarına bağlı olması nedeniyle referans bitki karakteristikleri iyice tanımlanmalı ve sabit hale getirilmelidir. Bitki boyundaki değişimler, pürüzlülükte ve LAI'de değişimlerle sonuçlanacaktır. Sonuç olarak, ilgi konusu olan kanopi ve aerodinamik dirençler zamanla belirgin şekilde değişim gösterecektir. Bunun yanında, su stresi ve bitkinin yeri örtme derecesi, dirençler üzerinde ve albedo üzerinde de bir etkiye sahiptir.

Yoğun çalışma, enerji, zaman ve iş gücü gerektirecek olan bölgesel kalibrasyon sorunlarından kaçınabilmek amacıyla, bir teorik referans çim bitkisi seçilmiştir. Canlı bir referans çim bitkisiyle birlikte gelen zorluklar, çim çeşidi ve morfolojisinin özellikle yüksek bitki su kullanımı esnasında evapotranspirasyon oranını etkileyeceği gerçeğinden kaynaklanmaktadır. Sıcak-mevsim ve soğuk mevsim çim tipleri arasında büyük farklılıklar mevcut olabilir. Soğuk mevsim çimleri daha düşük bir stoma kontrolüne ve bunun sonucunda daha yüksek evapotranspirasyon oranlarına sahiptirler. Soğuk mevsim çimlerini bazı kurak ve tropik iklimlerde yetiştirmek zordur (Allen vd., 1998).

Referans yüzey, yeterli sulamayla birlikte aktif şekilde büyüyen, yeri tamamıyla örten, üniform yükseklikte geniş alanı kaplayan yeşil çim bitkisini çok yakın derecede temsil etmektedir. Çim yüzeyin geniş alanı kaplaması ve üniform olması gereksinimi, tüm akımların yukarı doğru tek yönlü olması kabulünden kaynaklanır.



Resim 1.2. Teorik referans bitkinin özellikleri (Allen vd., 1998)

FAO 56 Penman-Monteith Metodu daha önceki FAO Penman yönteminin kısıtlarının üstesinden gelmekte ve dünya çapında gerçek bitki su kullanımı verileriyle daha tutarlı değerler sağlamaktadır. Yılın farklı dönemlerindeki evapotranspirasyonla veya başka bölgelerdeki evapotranspirasyonla karşılaştırmaların yapılabileceği ve diğer bitkilerin evapotranspirasyonu ile ilişki kurulabileceği bir standart sağlamaktadır (Allen vd., 1998; Allen vd., 2005).

Solar radyasyon fotosentez ve bitki transpirasyonu için enerji sağlar. Aynı zamanda potansiyel bitki verimini belirleyen meteorolojik etkenlerden birisidir (Supit ve Van Kappel, 1998). Yer yüzeyi tarafından alınan solar radyasyon, hidrolojik, tarımsal, klimatolojik ve meteorolojik modellerde en çok kullanılan parametrelerden birisidir. Farklı iklimlerde bu parametreyi tahmin etmek için çok farklı deneysel eşitlikler önerilmiştir (Rahimi vd., 2012). Küresel radyasyon değeri, bir bölgede solar enerji üretiminin belirlenmesi için birincil değişkenlerden birisidir. Enlem, boylam ve birçok meteorolojik faktörlere bağlıdır. Bir yatay yüzey üzerinde günlük küresel solar radyasyonu tahmin etmenin basit yolu, modifiye Angstrom tipi eşitliklerin kullanılmasıdır. Küresel solar irradyans ve güneşlenme süresi arasındaki ilk korelasyon, basit bir doğrusal modelle Angstrom (1924) tarafından yapılmıştır. Sonra Prescott

tarafından bu eşitliğin daha geçerli olan şekli geliştirilmiştir (Suehrcke, 2000; Sen, 2001; Prescott, 1940).

Küresel solar radyasyonun (R_s) tahmininde güneşlenme süresine dayalı Angstrom-Prescott eşitliği en doğru ve yaygın kullanılan eşitliklerden birisidir. Bu eşitliğin uygulanmasında anahtar etken, bölgesel kalibrasyon katsayılarıdır. Çin’de Sarı Nehir havzasında 31 yerde uzun dönemli verilerle günlük, aylık ortalamalar ve yıllık ortalamalar kullanılmıştır. Günlük verilere göre aylık ortalama günlük veriler daha yüksek a_s ve daha düşük b_s katsayıları vermiş ve daha büyük varyasyon göstermiştir (Liu vd., 2009).

Kuzeydoğu Nijerya’da güneşlenme süresine dayalı Angstrom-Prescott (1940) modeli, Ogelman vd. (1984) modeli ve Samuel (1991) modeli ile global solar radyasyon tahminleri yapılmış ve her üç model de sırasıyla $R^2 = \%99.74$, $R^2 = \%99.89$ ve $R^2 = \%99.93$ determinasyon katsayılarıyla iyi performans göstermişlerdir (Gana and Akpootu, 2013).

Çin Tibet’te yatay bir yüzeye gelen küresel güneş radyasyonunun hesaplanmasında yalnızca güneşlenme süresini kullanan 8 model değerlendirilmiştir. Uygulamada basit doğrusal Angstrom- Prescott modeli makul derecede doğru sonuçlar vermiştir (Li vd., 2011).

Mashhad Sinoptik istasyonunun 1993-2007 arası günlük solar radyasyon ve güneşlenme süreleri verileriyle Angstrom eşitliğindeki a katsayısı 0.2657 ve b katsayısı 0.4743 şeklinde belirlenmiştir. Bunun için Meta-Heuristic Harmony Search algoritması kullanılmıştır (Rahimi vd., 2012).

Supit ve Van Kappel (1998) tarafından global solar radyasyon kullanımına ilişkin olarak eğer gözlem yoluyla elde edilmiş global radyasyonun olması durumunda öncelikle bunun kullanması gerektiği, eğer bu veri yoksa fakat güneşlenme süresi varsa Angstrom-Prescott metodu gibi metotların kullanılmasını önermişlerdir. Güneşlenme süresi de yok ise global radyasyon tahmin etmek için diğer metotların kullanılması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Angstrom- Prescott eşitliği genel olarak yer yüzeyi düzeyindeki elverişli solar enerji ile güneşlenme süresi arasındaki ilişkiyi tanımlar. Güneş konvertörleri tarihinin başlangıcından beri toplanabilir solar enerji miktarının tahmin edilmesi için yoğun şekilde kullanılmıştır (Paulescu vd., 2016). Dünya genelinde farklı bölgelerden gelen ve farklı yapıda 33 adet Angstrom-Prescott eşitliği 59 Avrupa istasyonlarındaki verilerle test edilmiş ve analizi yapılmıştır. Hiç birisi en iyi olarak sırlanamamış fakat bir modelin diğerinden daha iyi performans gösterdiği spesifik durumlar değerlendirilmiştir. Angstrom-Prescott eşitlikleri üzerine enlem, rakım, mevsim ve lokal iklim gibi farklı parametrelerin etkisi incelenmiştir. Nispi Güneşlenme süresi rakım ve ay indeksini girdi parametreleri şeklinde dikkate alan bir Angstrom- Prescott eşitliğinin tüm değişkenliğin kabaca %90'ını açıklayabildiği görülmüştür (Paulescu vd., 2016).

Ünlükara (2014) tarafından referans evapotranspirasyon hesaplamalarında solar radyasyon yoğunluğu ve nispi güneşlenme verilerinin kullanımı adlı çalışmada Kayseri için Angstrom katsayıları aylara göre belirlenmiştir. Kayseri’de ölçülen kısa dalga solar radyasyon verileri ile hesaplanan ET_0 değerleri ile belirlenen angstrom katsayıları ve güneşlenme süreleri kullanılarak hesaplanan ET_0 değerleri arasında önemli bir farkın olmadığı belirtilmiştir.

Çin’de 81 meteoroloji istasyonda kaydedilen solar radyasyon ve Tibet Platosunda kaydedilen uzun dalga radyasyon verileri kullanılarak FAO 56 Penman-Monteith metodu tarafından kullanılan Angstrom radyasyon eşitliği kalibre edilmiştir (Yin vd., 2008). Yıllık bazda doğrusal regresyonla $a_s = 0.20$ ve $b_s = 0.79$ şeklinde belirlenen katsayılarla en az hatayla radyasyon tahmin edilmiştir. Bölgesel kalibrasyon yapılmadan FAO 56 Penman-Monteith modeli kullanılarak bulunan net radyasyonun Çin’de yaklaşık %27 kadar daha yüksek tahmin edildiği belirtilmiştir.

FAO-56 Penman-Monteith metodunda önerilen ($a_s = 0.25$ ve $b_s = 0.50$) Angstrom-Prescott katsayıları ve bölgesel olarak belirlenen Angstrom-Prescott katsayıları kullanılarak Güney Kore’de 16 bölgede referans evapotranspirasyon oranı, sulama suyu ihtiyacı ve projelendirme için su ihtiyacı tahminleri karşılaştırılmış ve analiz edilmiştir (Jeong vd., 2018). Dikkate alınan 16 bölgede bölgesel katsayılara göre FAO 56’da önerilen Angstrom-Prescott katsayıları ET_0 ’ı %3.8-14 arasında değişen oranlarda daha yüksek tahmin etmiştir. Bu aşırı tahmin sulama suyu ihtiyacında ve projelendirme su

ihtiyacında ortalama olarak sırasıyla %5.1 ve %4.8 daha yüksek oranda tahmine neden olmuştur.

Brezilya Cruz das Almas şehri için ana ET_o dağılımının normal, log-normal ve beta dağılımı olduğunu belirlemiştir (Silva vd., 1998). İspanya'nın Andalusia bölgesinde 2001-2015 dönemi için 56 meteoroloji istasyonundan ET_o verileri elde edilmiş ve günlük, 5, 10 ve 30 günlük periyotlar için ET_o toplamaları 9 farklı ihtimal dağılımına uyarlanmıştır (Fernandes vd., 2019). ET_o toplamalarının büyük çoğunluğunun Gumbel II ve Weibull dağılımına en iyi uyum gösterdiği belirtilmiş ve Gumbel II dağılımı önermişlerdir. Brezilya Telemaco Borba şehrinde %5 ihtimalde Kolmogorov-Smirnov testi uygulamış ve 10 günlük ET_o değerlerinin %65'i normal dağılıma uyum sağladığı belirtilmiştir (Jerszurki vd., 2015). Farklı ihtimal düzeylerinde haftalık referans bitki evapotransyonu Maharashtra'nın Solapur eyaletinde tahmin edilmiş ve ET_o 'ın uyum sağladığı ihtimal dağılımlarının log normal, Gumbel ve Weibull ihtimal dağılımları olduğu ifade edilmiştir (Jerszurki vd., 2015).

Amarkai (2019) tarafından Konya'da dört farklı meteoroloji istasyonunun on yıllık verileri kullanılarak Radyasyon Metodu, ASCE Penman-Monteith Metodu, Blaney Cridlle Metodu, Hargreaves-Samani Metodu ve FAO 56 Penman-Monteith Metoduna göre referans ET ve çeşitli bitkiler için bitki su tüketimleri hesaplanmıştır. Bu çalışmada FAO 56 Penman-Monteith Metodu ile diğer metotların her biri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar olduğu gösterilmiştir.

Referans evapotranspirasyon, hidrolojik modellerde de kullanılmaktadır. ET_o değerlerinden yararlanılarak kuraklık indisi hesaplanmış ve çeşitli illerin kuraklıkları değerlendirilmektedir (Yürekli vd. 2010; Yürekli ve Ünlükara, 2013a; Yürekli vd. 2013b). Şimşek vd. (2014) tarafından Konya merkez ilçe referans bitki su tüketimi değişiminin belirlenmesi için bir çalışma yapılmıştır. ET_o serileri değişimi analizinde Kuruskal Wallis, varyansların analizinde Levene Testi ve değişim noktalarının saptanmasında Pettitt Testi uygulanarak aylık ve mevsimsel ET_o serileri değerlendirilmiştir. Aylık ve mevsimsel ET_o serilerinde değişim olduğu yapılan tüm testlere göre saptanmıştır. Küresel ısınmanın etkisini ortaya koymak için Kayseri, Ankara, Karaman, Konya, ve Afyon illerinde iklim parametrelerinin önemli bir kısmını içine alan ET_o serilerine trend analizi uygulamıştır (Ünlükara ve Yürekli, 2014). ET_o

serilerinin istatistik analizinde Theil-Sen Eğim ve Mann-Kendal testleri uygulanmıştır. Söz konusu istasyonlarda bazı sezonlarda %1 önem düzeyinde ve birçok sezonda ise %5 önem düzeyinde trend olduğu belirlenmiştir.



2.BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Çalışmada İç Anadolu Bölgesi illeri meteorolojik verileri materyal olarak kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında kullanılan iller, istasyon numarası, istasyon adı, enlem ve boylam dereceleri ve rakımları Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1. İç Anadolu Bölgesi ET_o hesaplamaları yapılan iller, meteoroloji istasyonu numaraları, istasyon adı, enlem ve boylam dereceleri ve rakımları

İller	İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem	Boylam	Rakım (m)
Kayseri	17196	Melikgazi	38.6870	35.5000	1094
Ankara	17130	Keçiören	39.9727	32.8637	891
Eskişehir	17126	Odunpazarı	39.7656	30.5502	801
Çankırı	17080	Merkez	40.6082	33.6102	755
Kırıkkale	17135	Merkez	39.8433	33.5181	751
Kırşehir	17160	Merkez	39.1639	34.1561	1007
Aksaray	17192	Merkez	38.3705	33.9987	970
Nevşehir	17193	Merkez	38.6163	34.7025	1260
Yozgat	17140	Merkez	39.8243	34.8159	1301
Sivas	17090	Merkez	39.7437	37.0020	1294
Niğde	17250	Merkez	37.9587	34.6795	1211
Karaman	17246	Merkez	37.1932	33.2202	1018
Konya	17245	Meram	37.8687	32.4713	1029

Anadolu ve Trakya’nın iç kesimlerinde, Karadeniz ve Akdeniz iklimlerine göre daha az yağışın düştüğü, yaz ve kış mevsimleri arası sıcaklık farklarının arttığı karasal iklim hakimdir. Yazları sıcak ve kurak, kışları fazla soğuk geçmeyen bir iklim İç Anadolu Bölgesinde hüküm sürer. Yağışların en fazla ilkbaharda düştüğü bölgede sırasıyla kış, sonbahar ve yaz yağışları bunu takip eder. Tuz Gölü çevresinde Eskişehir ve Konya Ovalarında 300-350 mm dolaylarında yağış alan Bölgede dağların yüksek yamaçlarında

yağışlar 500 mm'ye çıkabilmektedir. Kışın yüksek olan bulutluluk ve bağıl nem yazları daha düşüktür. Artan sıcaklıkla birlikte yaz aylarında buharlaşma aşırı derecede artar. Yıllık ortalama sıcaklık İç Anadolu'nun düzlüklerinde 10-12°C olup yazları 25°C çıkar ve kışları -3°C ile -1°C arasında seyreder. İç Anadolu Bölgesinin doğusuna doğru yükseklik artışıyla birlikte yazlar nispeten daha serin ve kışlar daha soğuk geçer (Atalay, 2010).

Tablo 2.1'de verilen istasyonlara ilişkin meteorolojik veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir. Ölçüm alınan her bir yıl için aylık ortalamalar şeklinde güneş radyasyonu şiddeti, güneşlenme süresi, rüzgâr hızı, ortalama, minimum ve maksimum sıcaklıklar ve bağıl nem değerleri hesaplamalarda kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

Referans bitki su tüketimi (ET_o) veya atmosferin buharlaşma talebi tahminlerinde, FAO 56 Penman-Monteith yöntemi kullanılmıştır (Allen vd. 1998):

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

Eşitlikte, ET_o referans evapotranspirasyonu (mm/gün), R_n referans yüzeye gelen net güneş radyasyonunu ($MJ m^{-2} gün^{-1}$), γ psikrometrik sabiti ($kPa ^\circ C^{-1}$), G toprak ısı akısını ($MJ m^{-2} gün^{-1}$), T günlük ortalama sıcaklığı ($^\circ C$), Δ doymuş buhar basıncı eğrisinin eğimini ($kPa ^\circ C^{-1}$), u_2 2 m yükseklikte rüzgâr hızını ($m.s^{-1}$), e_s doymuş buhar basıncını (kPa) ve e_a güncel buhar basıncını (kPa) göstermektedir. Bu eşitlik kullanılarak eksik verinin olmadığı tüm yıllar için aylık olarak ET_o hesaplanmıştır.

FAO 56 Penman-Monteith yönteminde atmosfer dış yüzey radyasyonu (R_a), yer yüzeyine gelen güneş radyasyonu (R_s), açık gökyüzü güneş radyasyonu (R_{so}), referans yüzey tarafından absorbe edilen net güneş dalga radyasyonunu (R_{ns}), referans yüzey tarafından kaybedilen net uzun dalga radyasyonu (R_{nl}) ve referans yüzey tarafından absorbe edilen net güneş radyasyonu (R_n) aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Allen vd. 1998):

$$R_a = \frac{24 \cdot (60)}{\pi} G_{sc} d_r [\omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s)] \quad (2)$$

$$\delta = 0.409 \sin\left(\frac{2\pi}{365}J - 1.39\right) \quad (3)$$

$$d_r = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi}{365}J\right) \quad (4)$$

$$N = \frac{24}{\pi} \omega_s \quad (5)$$

$$\omega_s = \arccos[-\tan(\phi) \tan(\delta)] \quad (6)$$

$$R_s = \left(a_s + b_s \frac{n}{N}\right) R_a \quad (7)$$

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s \quad (8)$$

$$R_{so} = (a_s + b_s) R_a \quad (9)$$

$$R_{nl} = \sigma \left[\frac{T_{mak,K}^4 + T_{min,K}^4}{2} \right] (0.34 - 0.14\sqrt{e_a}) \left(1.35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35 \right) \quad (10)$$

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (11)$$

Eşitliklerde; d_r yerküre-güneş ters nispi uzaklığı, G_{sc} solar sabiti ($0.082 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{dak}$), ω_s gün batımı saat açısını (rad), δ solar deklinasyon açısını (rad), ϕ enlem derecesini (rad), N gündüz süresini (saat), n güneşlenme süresini (saat), a_s ve b_s Angstrom katsayılarını, σ Stefan-Boltzmann sabitini ($4.903 \times 10^{-9} \text{ MJ/K}^4 \text{ m}^2$), α referans yüzey albedosunu (0.23), T_{mak} ve T_{min} sırasıyla aylık ortalama maksimum ve minimum sıcaklıkları (K) göstermektedir. Eşitlik (7)'i Angstrom-Prescott tarafından geliştirilen doğrusal bir eşitliktir. Bu eşitlikte atmosfer dış yüzey radyasyonu eşitliğin sol tarafına alınarak yer yüzeyine gelen nispi güneş enerjisi (R_s/R_a) ordinatta ve sağ tarafında kalan nispi güneşlenme süresi (n/N) ise apsiste işaretlenmiştir. Excell programında regresyon eşitliği ve determinasyon (R^2) katsayısı elde edilmiştir (Allen vd., 1998; Ünlükara, 2014). Bu grafiklerde genelde il merkezlerinde bulunan ve Tablo 1'de verilen istasyonlara ait güneş radyasyonu yoğunluğu (R_s) ve güneşlenme süresi verileri (n) kullanılmıştır. Her bir aya ilişkin grafikler çizildikten sonra regresyon doğrusundan belirgin şekilde sapma gösteren veriler elimine edilmiştir. Elde edilen regresyon doğrusunun eğimi b_s katsayısı ve Y eksenini ile kesişim noktası ise a_s katsayısı alınmıştır. Her bir istasyonda güneşlenme süresi (n) verileri ve diğer verilerin bulunduğu yıllar boyunca ET_o hesaplamaları yapılmış ve bu hesaplamalarda bölgeye özgü Angstrom

katsayıları kullanılmıştır. Küçükten büyüğe doğru sıralanan aylık ET_o değerlerinden her birinin meydana gelme olasılığı aşağıdaki eşitlik ile belirlenmiştir (James, 1988):

$$P = \left(1 - \frac{R}{M+1}\right) \cdot 100 \quad (12)$$

Eşitlikte; P dikkate alınan ET_o değerine eşit veya daha yüksek olma olasılığı (%), R küçükten büyüğe doğru sıralanan ET_o değerinin sırası ve M ise toplam ET_o veri sayısını göstermektedir. ET_o serisinde her bir verinin tekrarlama olasılıkları (RP) Weibull dağılımına göre James (1988) tarafından önerilen aşağıdaki eşitliklerle belirlenmiştir.

$$RP = \frac{100}{P} \quad (13)$$

Eşitlikte, RP hesaplanan ET_o 'ın tekrarlama süresini ve P ise bu ET_o değerine eşit veya daha yüksek olma olasılığını göstermektedir.

Bulunan P değerlerinin Weibull dönüşümü (W) Eşitlik 14 ile yapılmıştır (James, 1988):

$$W = \log \left[-\log \left(\frac{P}{100} \right) \right] \quad (14)$$

Bu değerlere karşılık ET_o değerlerinin grafiği Excell programı ile çizilmiş ve regresyon analizi ile frekans eşitliği elde edilmiştir. Frekans analizi esnasında yarı logaritmik frekans doğrusundan belirgin şekilde sapma gösteren ET_o verileri seriden çıkarılmıştır (Ünlükara, 2014). Belirlenen frekans eşitliği yardımıyla %95, %75, %50, %25, %10 ve %5 tekrarlanma olasılıklarına karşılık ET_o değerleri bulunmuştur.

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. İç Anadolu Bölgesi Angstrom Katsayıları

İç Anadolu Bölgesinde bulunan 13 ilden 9 ilin Angstrom katsayıları hesaplanmış ve Tablo 2’de verilmiştir. Eskişehir, Konya ve Çankırı illerinin verilerinde sorun olması ve Nevşehir ilinin ise radyasyon verilerinin olmaması nedeniyle Angstrom katsayıları hesaplanamamıştır.

Doğrudan ve difüz radyasyon şeklinde güneş radyasyonu iki bileşene ayrılabilir. Güneşten doğrudan alınan radyasyona doğrudan radyasyon denir ve bu radyasyon aynı zamanda keskin gölgeler oluşturur. Bulutlar, tozlar vb. nedenlerle dağıtılan ve yer yüzeyine dolaylı şekilde gelen radyasyon ise difüz radyasyondur ve tüm yönlerden gelmesi nedeniyle gölge üretmezler (Şen ve Tan, 2001). Angstrom eşitliğinde kapalı bir günde atmosfer dış yüzeyine gelen radyasyona (extraterrestrial radiation) göre yer yüzeyine ulaşan difüz radyasyon a_s katsayısıyla ve açık bir günde yer yüzeyine ulaşan toplam radyasyon oranı ise a_s+b_s katsayılarının toplamıyla gösterilmektedir (Allen vd., 1998).

Belirlenen Angstrom katsayılarına göre Kayseri’ye kapalı bir günde en az radyasyon oranı temmuz ayında (0.1722) ve en fazla ise ağustos ayında (0.5253) ulaşmaktadır. Buna karşın açık bir günde en az radyasyon oranı (0.5892) ağustos ayında ve en fazla radyasyon oranı (0.7549) aralık ayında gelmektedir. Yıllık ortalama olarak Kayseri için $a_s= 0.2868$ ve $b_s= 0.4054$ bulunmuş olup toplamı 0.6916 etmektedir. FAO 56 tarafından önerilen $a_s= 0.25$, $b_s= 0.50$ toplamına (0.75) göre biraz düşüktür.

Ankara’da kapalı bir günde en az radyasyon oranı aralık ayında (0.2496) ve en fazla ise temmuz ayında (0.6696) olduğu gelmektedir. Açık bir günde ise en az radyasyon oranı (0.6086) ağustos ayında ve en fazla radyasyon oranı (0.7892) temmuz ayında

ulaşmaktadır. Yıllık ortalama olarak Ankara için $a_s = 0.3077$ ve $b_s = 0.3810$ olup toplamda 0.6887 etmektedir. Belirlenen katsayılar yıllık bazda FAO 56 tarafından önerilen katsayıların toplamına (0.75) göre bir miktar düşük bulunmuştur.

Kırıkkale’de kapalı bir günde en az radyasyon oranı ağustos ayında (0.0864) ve en fazla ise temmuz ayında (0.4117) görülmektedir. Açık bir günde en az radyasyon oranı (0.6121) temmuz ayında ve en fazla radyasyon oranı (0.7496) ekim ayında ulaşmaktadır. Yıllık ortalama olarak Kırıkkale için $a_s = 0.2301$ ve $b_s = 0.4612$ olup toplamda 0.6913 etmektedir. Belirlenen katsayılar yıllık bazda FAO 56 tarafından önerilen katsayılara göre biraz düşük bulunmuştur.

Kırşehir’de kapalı bir günde en az radyasyon oranı temmuz ayında (0.0352) ve en fazla ise kasım ayında (0.3644) gelmektedir. Açık bir günde ise en az radyasyon oranı (0.6369) haziran ayında ve en fazla radyasyon oranı (0.7781) mart ayında ulaşmaktadır. Yıllık ortalama olarak Kırşehir için $a_s = 0.2594$ ve $b_s = 0.4471$ olup toplamda 0.7065 etmektedir. Belirlenen katsayılar yıllık bazda FAO 56 tarafından önerilen $a_s = 0.25$ ve $b_s = 0.50$ katsayıları toplamı 0.75 oranına göre biraz düşük bulunmuştur.

Aksaray’da kapalı bir günde en az radyasyon oranı ağustos ayında (0.2184) ve en fazla ise eylül ayında (0.4425) gelmektedir. Açık bir günde en az radyasyon oranı (0.6226) haziran ayında ve en fazla radyasyon oranı (0.7729) aralık ayında ulaşmaktadır. Katsayıların yıllık ortalaması dikkate alındığında Aksaray için $a_s = 0.3299$ ve $b_s = 0.3515$ olup toplamda 0.6814 etmektedir. Belirlenen katsayılar yıllık bazda FAO 56 tarafından önerilen $a_s = 0.25$ ve $b_s = 0.50$ katsayıları toplamı 0.75 oranına göre biraz düşük bulunmuştur.

Yozgat’ta kapalı bir günde en az radyasyon oranı temmuz ayında (0.0210) ve en fazla ocak ayında (0.3574) belirlenmiştir. Açık bir günde en az radyasyon oranı (0.6006) ağustos ayında ve en fazla radyasyon oranı (0.7158) şubat ayında saptanmıştır. Katsayıların yıllık ortalaması dikkate alındığında Yozgat için $a_s = 0.2439$ ve $b_s = 0.4200$ olup toplamda 0.6639 etmektedir. Belirlenen katsayılar yıllık bazda FAO 56 tarafından önerilen $a_s = 0.25$ ve $b_s = 0.50$ katsayıları toplamı 0.75 oranına göre daha düşük bulunmuştur.

Sivas’ta kapalı bir günde en az radyasyon oranı ağustos ayında (0.0794) ve en fazla şubat ayında (0.2770) saptanmıştır. Açık bir günde en az radyasyon oranı (0.6068)

kasım ayında ve en fazla radyasyon oranı (0.7754) ocak ayında belirlenmiştir. Katsayıların yıllık ortalaması dikkate alındığında Sivas için $a_s = 0.1982$ ve $b_s = 0.4674$ olup toplamda 0.6656 etmektedir. Belirlenen katsayılar yıllık bazda FAO 56 tarafından önerilen $a_s = 0.25$ ve $b_s = 0.50$ katsayıları toplamı 0.75 oranına göre daha düşük bulunmuştur.

Niğde’de kapalı bir günde en az radyasyon oranı ağustos ayında (0.2409) ve en fazla ise haziran ayında (0.4782) gelmektedir. Açık bir günde en az radyasyon oranı (0.7233) haziran ayında ve en fazla radyasyon oranı (0.9179) ocak ayında ulaşmaktadır. Katsayıların yıllık ortalaması dikkate alındığında Niğde için $a_s = 0.3885$ ve $b_s = 0.4299$ olup toplamda 0.8184 etmektedir. Belirlenen katsayılar yıllık bazda FAO 56 tarafından önerilen $a_s = 0.25$ ve $b_s = 0.50$ katsayıları toplamı 0.75 oranına göre daha yüksek bulunmuştur.

Karaman’da kapalı bir günde en az radyasyon oranı ekim ayında (0.3775) ve en fazla ise temmuz ayında (0.5948) gelmektedir. Açık bir günde en az radyasyon oranı (0.6009) aralık ayında ve en fazla radyasyon oranı (0.8177) mart ayında ulaşmaktadır. Katsayıların yıllık ortalaması dikkate alındığında Karaman için $a_s = 0.4266$ ve $b_s = 0.2646$ olup toplamda 0.6912 etmektedir. Belirlenen katsayılar yıllık bazda FAO 56 tarafından önerilen $a_s = 0.25$ ve $b_s = 0.50$ katsayılarına göre çok farklı ve toplamda 0.75 oranına göre ise biraz düşük bulunmuştur.

FAO 56 tarafından önerilen a_s ve b_s katsayılarına göre Mısır’da 8 meteoroloji istasyonunda güneşlenme süreleri kullanılarak Angstrom katsayıları saptanmış ve sonuçlar oldukça farklı bulunmuştur. Kahire’de en düşük $a_s = 0.268$ ve en yüksek $a_s = 0.622$ Aswan’da saptanmış olup en düşük b_s Aswan’da 0.092 ve en yüksek Kahire’de $b_s = 0.437$ saptanmıştır. Bu katsayıların toplamı ($a_s + b_s$) Kharga’da 0.733, Aswan’da 0.713, Kahire’de 0.705, Asyout’da 0.714, El-Tahrir’de 0.726, Bahteem’de 0.707, SidiBarrani’de 0.740 ve MersaMatruh’da 0.741 olarak belirlenmiştir. (Tadros, 2000).

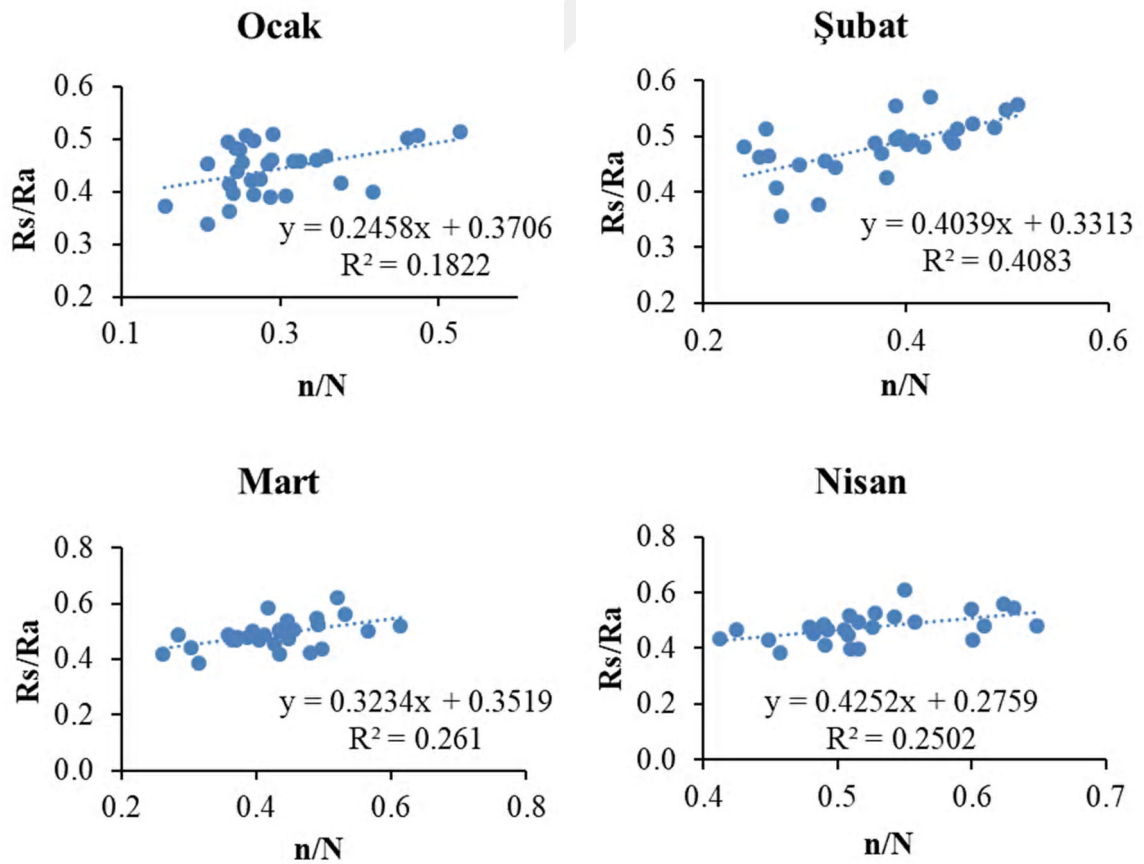
Tablo 3.1. İç Anadolu Bölgesi İlleri Angstrom Katsayıları

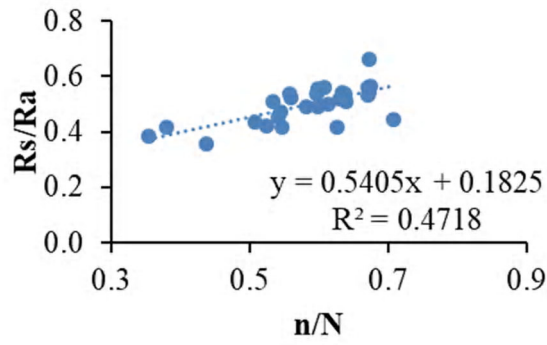
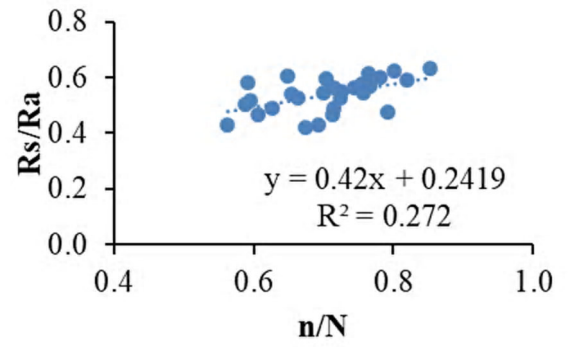
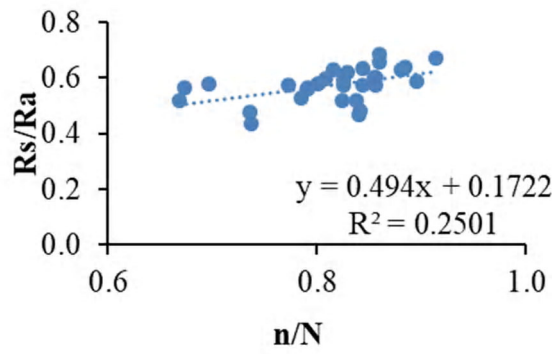
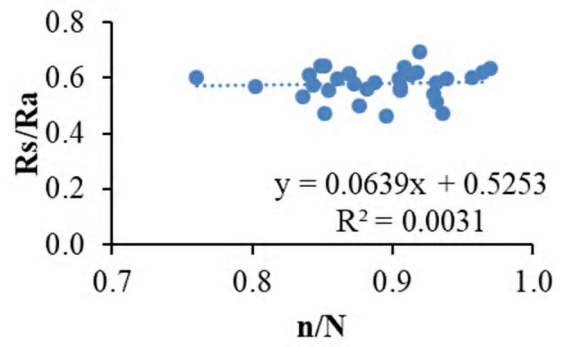
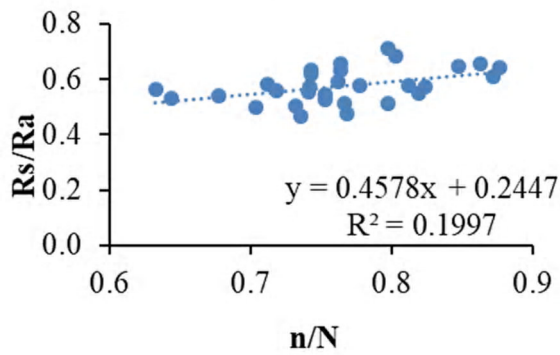
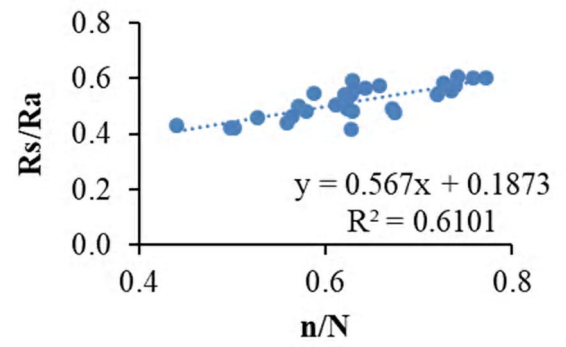
Aylar	Kayseri		Ankara		Eskişehir		Çankırı		Kırıkkale		Kırşehir		Aksaray	
	a _s	b _s	a _s	b _s	a _s	b _s	a _s	b _s	a _s	b _s	a _s	b _s	a _s	b _s
Ocak	0.3706	0.2458	0.295	0.395	0.25	0.50	0.25	0.50	0.3006	0.3427	0.3485	0.4055	0.3944	0.2690
Şubat	0.3313	0.4039	0.2732	0.4469	0.25	0.50	0.25	0.50	0.2545	0.4226	0.3336	0.4166	0.3725	0.3534
Mart	0.3519	0.3234	0.2586	0.479	0.25	0.50	0.25	0.50	0.2651	0.4748	0.2891	0.4890	0.2804	0.4822
Nisan	0.2759	0.4252	0.2551	0.4237	0.25	0.50	0.25	0.50	0.2163	0.5084	0.2643	0.4713	0.2381	0.5031
Mayıs	0.1825	0.5405	0.2355	0.4366	0.25	0.50	0.25	0.50	0.2106	0.4827	0.2635	0.4136	0.3002	0.358
Haziran	0.2419	0.42	0.2111	0.4594	0.25	0.50	0.25	0.50	0.18	0.5107	0.3107	0.3262	0.3809	0.2417
Temmuz	0.1722	0.494	0.6696	0.1196	0.25	0.50	0.25	0.50	0.4117	0.2004	0.0352	0.6327	0.2886	0.3349
Ağustos	0.5253	0.0639	0.3839	0.2247	0.25	0.50	0.25	0.50	0.0864	0.5993	0.1858	0.4615	0.2184	0.4147
Eylül	0.2447	0.4578	0.2994	0.3547	0.25	0.50	0.25	0.50	0.1848	0.5102	0.1992	0.4833	0.4425	0.1817
Ekim	0.1873	0.567	0.2845	0.3788	0.25	0.50	0.25	0.50	0.1489	0.6007	0.2162	0.5162	0.3761	0.2888
Kasım	0.2533	0.4662	0.2772	0.381	0.25	0.50	0.25	0.50	0.2643	0.4039	0.3644	0.2873	0.3627	0.3220
Aralık	0.2978	0.4571	0.2496	0.4723	0.25	0.50	0.25	0.50	0.2385	0.4775	0.3017	0.4621	0.3043	0.4686
Aylar	Nevşehir		Yozgat		Sivas		Niğde		Karaman		Konya			
	a _s	b _s	a _s	b _s	a _s	b _s	a _s	b _s	a _s	b _s	a _s	b _s		
Ocak	0.25	0.50	0.3574	0.2616	0.2330	0.5424	0.3937	0.5242	0.4311	0.2029	0.25	0.50		
Şubat	0.25	0.50	0.3101	0.4057	0.277	0.3837	0.4254	0.3649	0.396	0.3359	0.25	0.50		
Mart	0.25	0.50	0.3105	0.356	0.1751	0.5469	0.3885	0.4688	0.3796	0.4381	0.25	0.50		
Nisan	0.25	0.50	0.2586	0.4035	0.1025	0.6379	0.3546	0.4337	0.3796	0.3453	0.25	0.50		
Mayıs	0.25	0.50	0.2194	0.4557	0.2083	0.4056	0.3795	0.4415	0.4712	0.1966	0.25	0.50		
Haziran	0.25	0.50	0.2026	0.4635	0.1143	0.5021	0.4782	0.2451	0.4728	0.2053	0.25	0.50		
Temmuz	0.25	0.50	0.021	0.6838	0.1991	0.4161	0.4239	0.3600	0.5948	0.0454	0.25	0.50		
Ağustos	0.25	0.50	0.2895	0.3111	0.0794	0.5469	0.2409	0.548	0.3926	0.2844	0.25	0.50		
Eylül	0.25	0.50	0.2424	0.392	0.2712	0.3472	0.3997	0.3741	0.4192	0.3109	0.25	0.50		
Ekim	0.25	0.50	0.1849	0.5249	0.2752	0.3716	0.4372	0.4577	0.3775	0.3407	0.25	0.50		
Kasım	0.25	0.50	0.2724	0.3742	0.257	0.3498	0.2837	0.6018	0.3958	0.2779	0.25	0.50		
Aralık	0.25	0.50	0.2577	0.4078	0.1868	0.5585	0.4572	0.339	0.4086	0.1923	0.25	0.50		

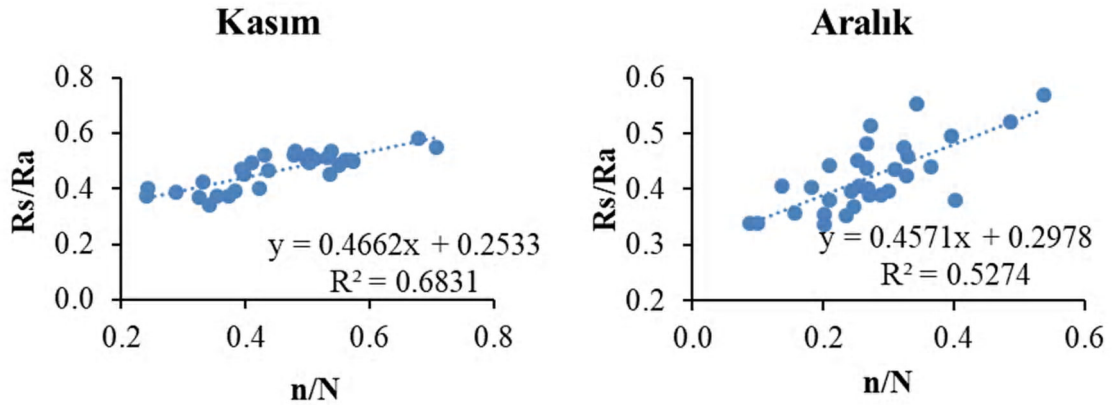
3.2. Referans Evapotranspirasyon ve Frekans Analizi

3.2.1. Kayseri

Kayseri’de 1931 yılından beri meteorolojik gözlemler yapılmaktadır. Ancak Angstrom katsayılarının hesaplanabilmesi için gerekli tam veri seti 1975’in 8.ayını ile 1978’in 10.ayları arasında ve 1983’ün 4.ayını ile 2010’un 12.ayları arasında yaklaşık 22 yıllık bir dönem için bulunmaktadır. Bu veri aralığı için aylara göre Angstrom katsayılarına ilişkin grafikler Şekil 3.1’de gösterilmiş ve Angstrom katsayıları ise Tablo 1’de sunulmuştur. Söz konusu grafiklerde nispi güneşlenme ile nispi radyasyon arasındaki doğrusal ilişkinin x eksenini kesişimi a_s katsayısını ve ilişkinin eğimi ise b_s katsayısını vermektedir.



Mayıs**Haziran****Temmuz****Ağustos****Eylül****Ekim**



Şekil 3.1.Kayseri ilinin aylara göre Angstrom katsayıları

Angstrom katsayılarının belirlenebilmesi için 22 yıllık tam veri seti bulunmasına karşılık güneşlenme süreleri (n) 1945-2018 arasında arada birkaç yıl eksik değerlerle birlikte yaklaşık 74 yıl kaydedilmiştir. Kayseri için belirlenen Angstrom katsayıları ile bu 74 yıllık dönem boyunca referans evapotranspirasyon (ET_o) hesaplanmıştır. Bu dönem için aylara göre frekans analizi sonuçları Tablo 3.2’de ve frekans eşitlikleri ise Tablo 3.3’de verilmiştir. Aylık referans evapotranspirasyonun %5, %50 ve %95 ihtimalle değişimleri Şekil 3.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Kayseri ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort
95	0.38	0.70	1.83	3.00	3.56	4.43	4.61	4.03	3.27	2.17	1.14	0.72	2.49
75	0.82	1.31	2.45	3.71	4.29	5.19	5.33	4.64	3.89	2.72	1.58	1.12	3.09
50	1.05	1.62	2.76	4.07	4.67	5.58	5.70	4.95	4.21	3.00	1.81	1.33	3.40
25	1.22	1.86	3.01	4.35	4.97	5.89	5.99	5.20	4.46	3.22	1.98	1.49	3.64
10	1.35	2.04	3.19	4.55	5.18	6.11	6.20	5.38	4.64	3.38	2.11	1.61	3.81
5	1.42	2.13	3.28	4.66	5.29	6.23	6.31	5.47	4.74	3.46	2.18	1.67	3.90

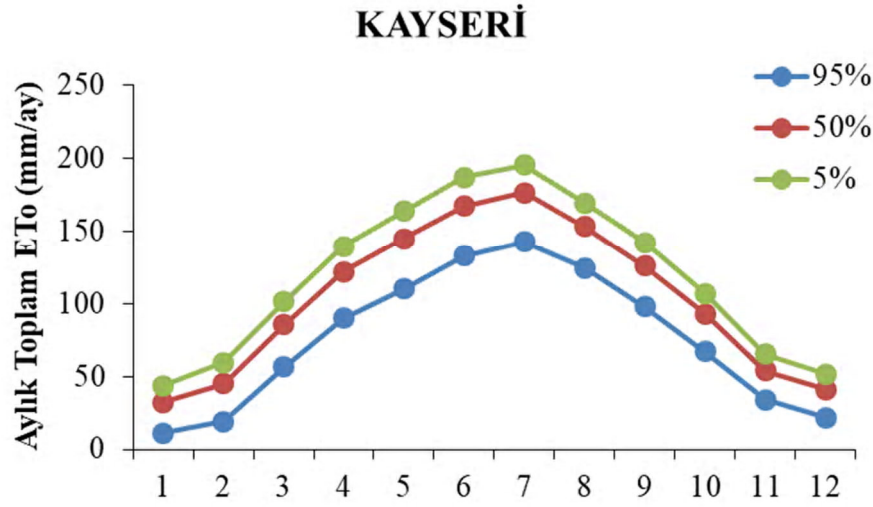
Tablo 3.3. Aylara göre Kayseri ilinin referans evapotranspirasyonun frekans analizi eşitlikleri

Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
1	$ET_o = 0.5888 \times W + 1.3532$	7	$ET_o = 0.9650 \times W + 6.2046$
2	$ET_o = 0.8097 \times W + 2.0421$	8	$ET_o = 0.8181 \times W + 5.3790$
3	$ET_o = 0.8208 \times W + 3.1903$	9	$ET_o = 0.8302 \times W + 4.6432$
4	$ET_o = 0.9382 \times W + 4.5548$	10	$ET_o = 0.7302 \times W + 3.3783$
5	$ET_o = 0.9846 \times W + 5.1823$	11	$ET_o = 0.5859 \times W + 2.1112$
6	$ET_o = 1.0150 \times W + 6.1105$	12	$ET_o = 0.5375 \times W + 1.6075$

Tekrarlanma olasılığı %5 için $W = 0.114$, %10 için $W = 0.000$, %25 için $W = -0.220$, %50 için $W = -0.521$, %75 için $W = -0.903$, ve %95 için $W = -1.652$

%50 olasılıkta görülen ET_o değerleri ortalama ET_o değerleri ile hemen hemen birbirlerine eşit çıkmaktadır. Ortalama ET_o veya %50 olasılıkla görülen ET_o değerleri incelendiğinde en yüksek ET_o 5.70 mm ile temmuz ayında görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_o 4.61-6.31 mm arasında değişim göstermiştir. Ortalama en düşük ET_o değeri ocak ayında 1.05 mm görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_o 0.38-1.42 mm arasında değişmiştir.

Kayseri’de 1945-2018 arası ortalama olarak yıllık toplam referans evapotranspirasyon 1239 mm hesaplanmıştır. TAGEM ve DSİ (2017) tarafından ASCE Standardize Penman-Monteith eşitliğine göre Kayseri’nin yıllık toplam ET_o değeri 987 mm tahmin edilmiştir. Ünlükara (2014) tarafından ise Kayseri’nin 1975-2009 arası dönem için ortalama olarak yıllık toplam ET_o değeri Angstrom katsayıları ve güneşlenme süresi verileri ile 1190 mm ve ölçülmüş küresel radyasyon (R_s) ile ise 1189 mm bulunmuştur. Yıllık toplam ET_o değerimiz TAGEM-DSİ (2017) ye göre 252 mm ve Ünlükara (2012)’ye göre ise 50 mm daha yüksektir. Ünlükara (2014) tarafından yapılan çalışmada aynı yöntem kullanılmasına rağmen %4.2 kadar sonuçlar arasında yıllık bazda görülen bu farklılığın nedeni dikkate alınır veri seti olabilir. TAGEM-DSİ (2017)’ye göre %25.5 kadar daha yüksek çıkmasının nedeni ise hem ET_o hesaplamalarında kullanılan yöntem farklılığı hem de dikkate alınan istasyonlar ve veri aralığı farklılığı ile açıklanabilir. Nitekim Amarkai (2019) tarafından Konya’da 2009-2018 yılları arasında Akşehir, Beyşehir, Cihanbeyli ve Ereğli istasyonlarından elde edilen veriler ile FAO 56 Penman-Monteith, ASCE Penman-Monteith, Radyasyon, FAO 24 Blaney-Criddle ve Hargreaves-Samani metotlarına göre bitki su tüketimleri karşılaştırılmıştır. En düşük bitki su tüketimi sonuçlarını ASCE Penman-Monteith metodunun verdiğini belirtmişlerdir.

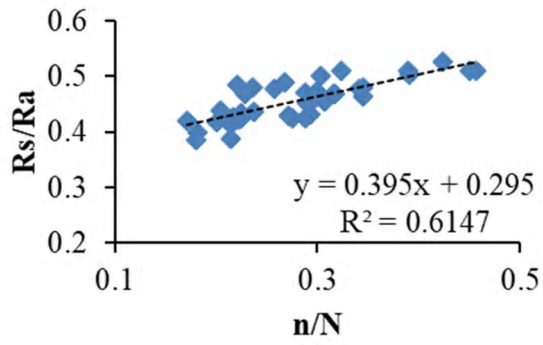
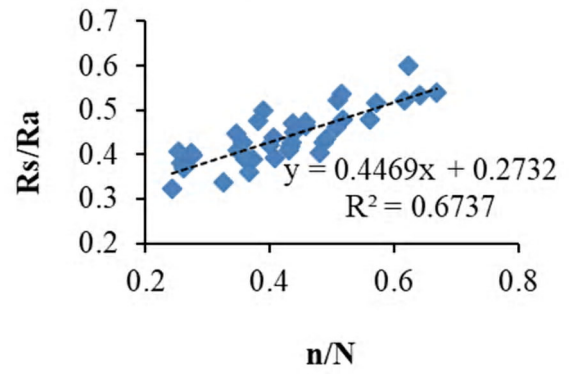
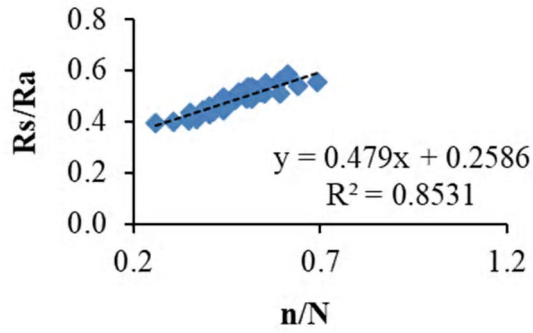
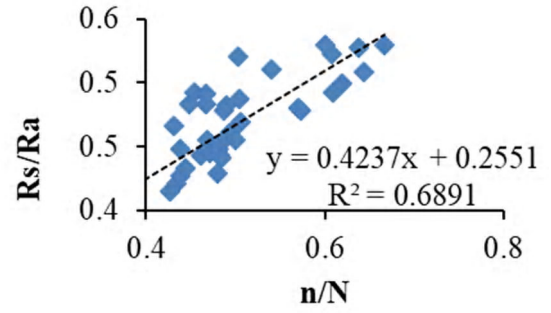
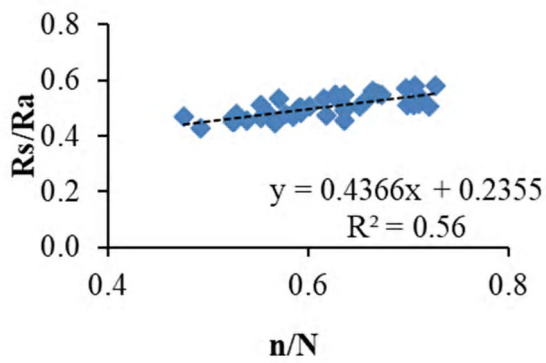
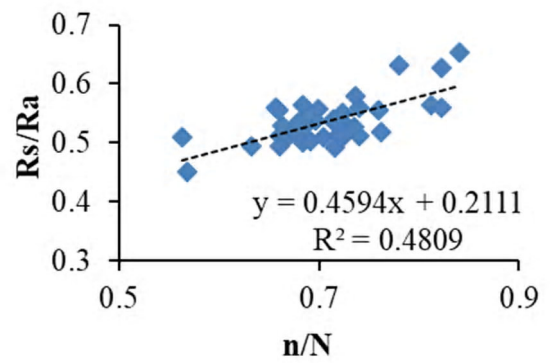


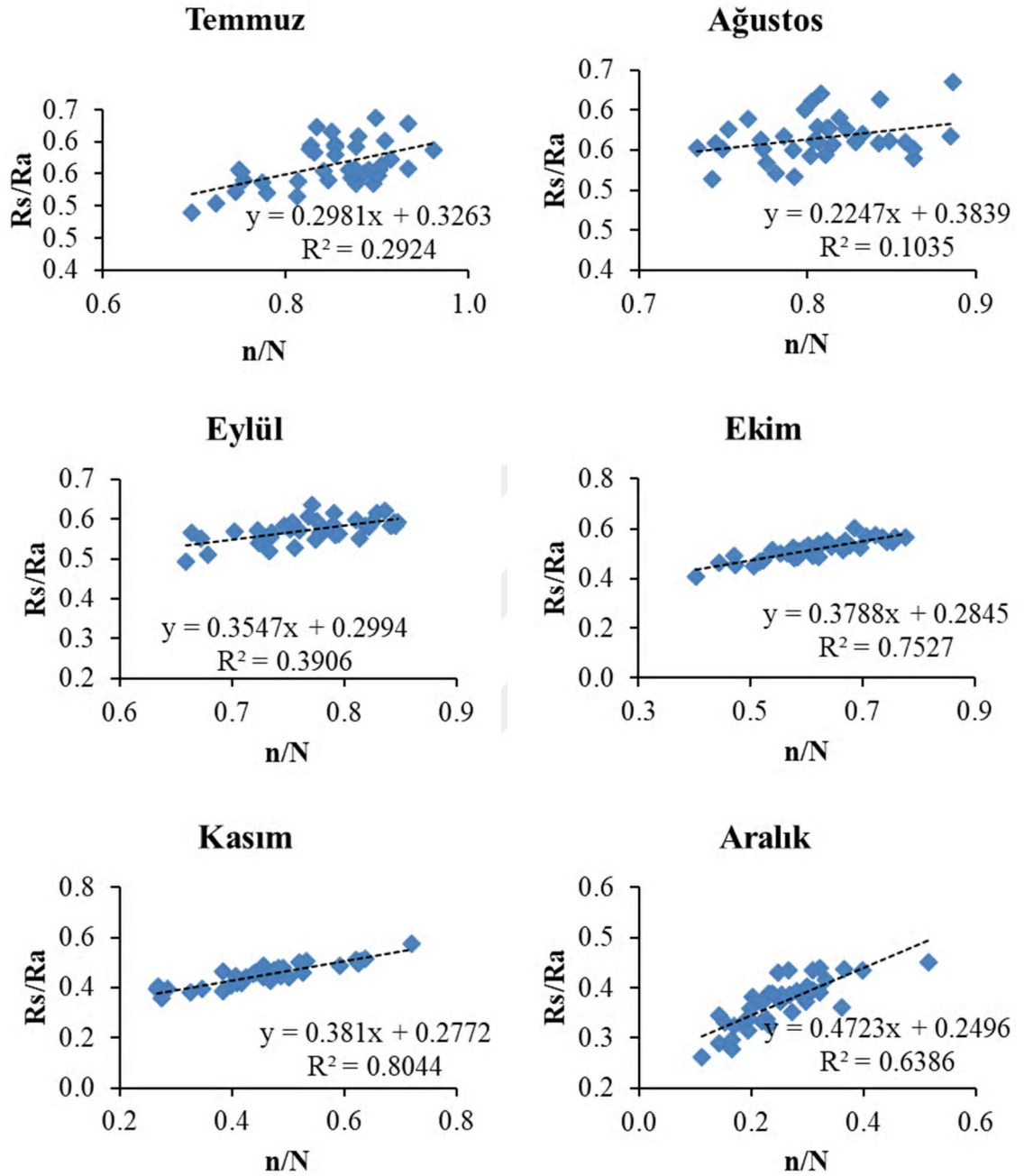
Şekil 3.2. %95, %50 ve %5 ihtimalleri için Kayseri'nin aylık referans evapotranspirasyon değişimi

Kayseri'de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12. aylarda %50 olasılıkla sırasıyla 32.6, 45.4, 85.6, 122.1, 144.8, 167.4, 176.7, 153.5, 126.3, 93.0, 54.0 ve 41.2 mm referans evapotranspirasyon gerçekleşmiştir (Şekil 3.2). ET_o 'ın en yüksek meydana geldiği temmuz ayında %95 ve %5 ihtimalle ET_o 143-196 mm arasında ve en düşük ocak ayında ise 12-44 mm arasında değişim sergilemiştir.

3.2.2. Ankara

Ankara' da 1926 yılından beri meteorolojik gözlemler yapılmaktadır. Ancak Angstrom katsayılarının hesaplanabilmesi için gerekli tam veri seti 1967' nin 2. ayı ile 2016'nın 1. ayları arasında ve 2017'nin 2. ayı ile 2018'un 1. ayları arasında yaklaşık 44 yıllık bir dönem için bulunmaktadır. Bu veri aralığı için aylara göre Angstrom katsayılarına ilişkin grafikler Şekil 3.3'de gösterilmiş ve Angstrom katsayıları ise Tablo 3.1'de sunulmuştur.

Ocak**Şubat****Mart****Nisan****Mayıs****Haziran**



Şekil 3.3. Ankara ilinin aylara göre Angstrom katsayıları

Angstrom katsayılarının belirlenebilmesi için 44 yıllık tam veri seti bulunmasına karşılık güneşlenme süreleri (n) 1955-2018 arasında arada birkaç yıl eksik değerlerle birlikte yaklaşık 63 yıl kaydedilmiştir. Ankara için belirlenen Angstrom katsayıları ile bu 63 yıllık dönem boyunca referans evapotranspirasyon (ET_o) hesaplanmıştır. Bu dönem için aylara göre frekans analizi sonuçları Tablo 3.4'te ve frekans eşitlikleri ise

Tablo 3.5' te verilmiştir. Aylık referans evapotranspirasyonun %5, %50 ve %95 ihtimalle değişimleri Şekil 3.4'de gösterilmiştir.

Tablo 3.4. Ankara ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort
95	0.77	0.70	0.96	2.21	2.99	3.90	4.68	5.51	4.74	4.05	2.51	1.17	2.85
75	1.19	1.10	1.50	2.73	3.77	4.75	5.78	6.73	6.12	4.75	3.21	1.76	3.62
50	1.40	1.31	1.78	2.99	4.16	5.19	6.34	7.35	6.82	5.11	3.56	2.07	4.01
25	1.57	1.48	2.00	3.20	4.48	5.53	6.78	7.84	7.38	5.39	3.84	2.31	4.32
10	1.69	1.60	2.16	3.36	4.71	5.79	7.10	8.20	7.79	5.59	4.05	2.48	4.54
5	1.76	1.66	2.24	3.44	4.83	5.92	7.27	8.38	8.00	5.70	4.16	2.58	4.66

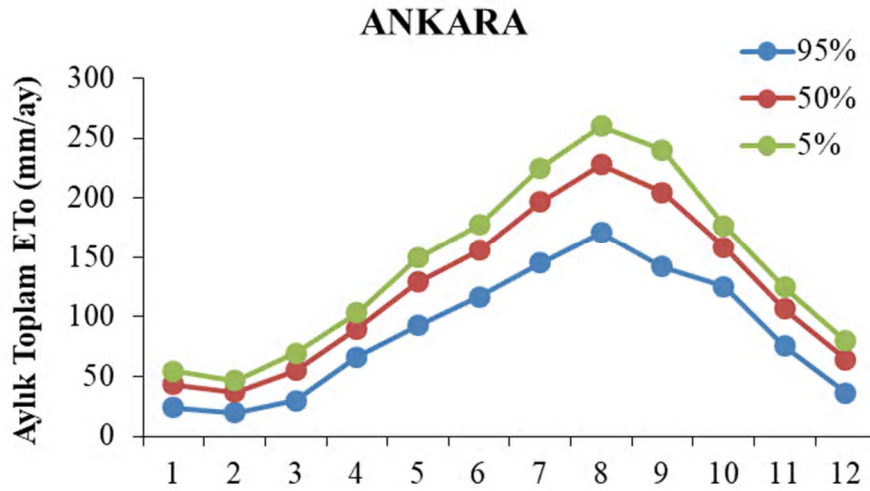
Tablo 3.5. Aylara göre Ankara ilinin referans evapotranspirasyonun frekans analizi eşitlikleri

Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
1	$ET_0=0.5571 \times W + 1.6937$	7	$ET_0=1.4633 \times W + 7.0982$
2	$ET_0=0.5548 \times W + 1.5970$	8	$ET_0=1.6245 \times W + 8.1964$
3	$ET_0=0.7292 \times W + 2.1598$	9	$ET_0=1.8438 \times W + 7.7862$
4	$ET_0=0.697 \times W + 3.35680$	10	$ET_0=0.9328 \times W + 5.5923$
5	$ET_0=1.039 \times W + 4.70640$	11	$ET_0=1.0371 \times W + 4.0488$
6	$ET_0=1.1449 \times W + 5.7866$	12	$ET_0=0.7971 \times W + 2.4844$

Tekrarlanma olasılığı %5 için $W = 0.114$, %10 için $W = 0.000$, %25 için $W = -0.220$, %50 için $W = -0.521$, %75 için $W = -0.903$, ve %95 için $W = -1.652$

%50 olasılıkta görülen ET_0 değerleri ortalama ET_0 değerleri ile hemen hemen birbirlerine eşit çıkmaktadır. Ortalama ET_0 veya %50 olasılıkla görülen ET_0 değerleri incelendiğinde en yüksek ET_0 7.35 mm ile ağustos ayında görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_0 5.51-8.38 mm arasında değişim göstermiştir. Ortalama en düşük ET_0 değeri ocak ayında 1.40 mm görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_0 0.77-1.76 mm arasında değişmiştir.

Ankara'da 1945-2018 arası ortalama olarak yıllık toplam referans evapotranspirasyon 1462 mm hesaplanmıştır. TAGEM ve DSİ (2017) tarafından ASCE Standardize Penman-Monteith eşitliğine göre Ankara'nın yıllık toplam ET_0 değeri 1046 mm tahmin edilmiştir. Yıllık toplam ET_0 değerimiz TAGEM-DSİ (2017) ye göre 416 mm daha yüksektir. TAGEM-DSİ (2017)'ye göre %39.8 kadar daha yüksek çıkmasının nedeni ise hem ET_0 hesaplamalarında kullanılan yöntem farklılığı hem de dikkate alınan istasyonlar ve veri aralığı farklılığı ile açıklanabilir.



Şekil 3.4. %95, %50 ve %5 ihtimalleri için Ankara' nın aylık referans evapotranspirasyon değişimi

Ankara'da 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12. aylarda %50 olasılıkta sırasıyla 43.4, 36.7, 55.2, 89.7, 129.0, 155.7, 196.5, 227.9, 204.6 158.4 106.8, 64.2 mm referans evapotranspirasyon gerçekleşmiştir (Şekil 3.4). ET_o 'ın en yüksek meydana geldiği ağustos ayında %95 ve %5 ihtimalle ET_o 171-260 mm arasında ve en düşük şubat ayında ise 20-45 mm arasında değişim sergilemiştir.

3.2.3. Eskişehir

Eskişehir'de 1927 yılından beri meteorolojik gözlemler yapılmaktadır. Ancak Angstrom katsayılarının hesaplanabilmesi için gerekli tam veri seti birkaç yılla sınırlı olduğu için yetersiz kalmıştır. Bu yüzden Angstrom katsayıları Eskişehir için hesaplanamamıştır. Dolayısıyla ET_o hesaplamalarında FAO 56 tarafından önerilen $a_s = 0.25$ ve $b_s = 0.50$ katsayıları kullanılmıştır (Tablo 3.1).

Eskişehir'de 1935-1990 ve 2004-2009 arasında yaklaşık 56 yıllık bir süre boyunca güneşlenme süreleri kaydedilmiştir. Bu dönem için aylara göre ET_o frekans analizi sonuçları Tablo 3.6'da ve frekans eşitlikleri ise Tablo 3.7'de verilmiştir. Aylık referans evapotranspirasyonun %5, %50 ve %95 ihtimalle değişimleri Şekil 3.5'te gösterilmiştir.

Tablo 3.6. Eskişehir ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort
95	1.17	0.86	2.18	2.79	3.54	4.15	5.13	4.75	3.09	1.72	1.06	0.55	2.58
75	1.76	1.43	2.80	3.82	4.69	5.44	6.32	6.11	4.26	2.65	1.64	1.09	3.50
50	2.07	1.73	3.11	4.34	5.27	6.10	6.93	6.80	4.86	3.12	1.94	1.37	3.97
25	2.31	1.96	3.36	4.75	5.73	6.62	7.40	7.35	5.32	3.50	2.17	1.59	4.34
10	2.48	2.12	3.55	5.05	6.07	7.00	7.75	7.75	5.67	3.77	2.34	1.74	4.61
5	2.58	2.21	3.64	5.20	6.24	7.19	7.93	7.96	5.85	3.91	2.43	1.83	4.75

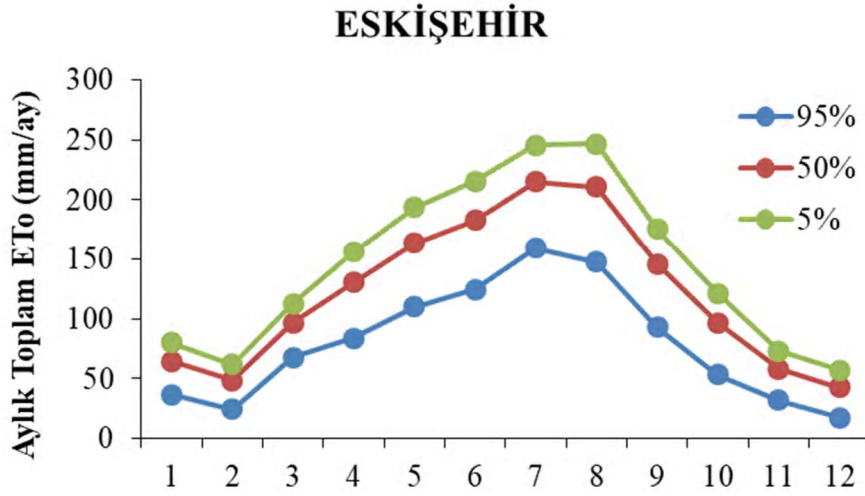
Tablo 3.7. Aylara göre Eskişehir ilinin referans evapotranspirasyonun frekans analizi eşitlikleri

Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
1	$ET_o = 0.5115 \times W + 1.4959$	7	$ET_o = 1.586 \times W + 7.7524$
2	$ET_o = 0.7636 \times W + 2.1246$	8	$ET_o = 1.8174 \times W + 7.513$
3	$ET_o = 0.827 \times W + 3.545$	9	$ET_o = 1.5586 \times W + 5.6638$
4	$ET_o = 1.3638 \times W + 5.0482$	10	$ET_o = 1.2403 \times W + 3.7707$
5	$ET_o = 1.5292 \times W + 6.0702$	11	$ET_o = 0.7781 \times W + 2.3429$
6	$ET_o = 1.7237 \times W + 6.9952$	12	$ET_o = 0.7201 \times W + 1.7438$

Tekrarlanma olasılığı %5 için $W = 0.114$, %10 için $W = 0.000$, %25 için $W = -0.220$, %50 için $W = -0.521$, %75 için $W = -0.903$, ve %95 için $W = -1.652$

%50 olasılıkta görülen ET_o değerleri ortalama ET_o değerleri ile hemen hemen birbirlerine eşit çıkmaktadır. Ortalama ET_o veya %50 olasılıkla görülen ET_o değerleri incelendiğinde en yüksek ET_o 6.93 mm ile temmuz ayında görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_o 5.13-7.93 mm arasında değişim göstermiştir. Ortalama en düşük ET_o değeri Aralık ayında 1.37 mm görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_o 0.55-1.83 mm arasında değişmiştir.

Eskişehir’de 1935-2010 arası ortalama olarak yıllık toplam referans evapotranspirasyon 1451 mm hesaplanmıştır. TAGEM ve DSİ (2017) tarafından ASCE Standardize Penman-Monteith eşitliğine göre Eskişehir’in yıllık toplam ET_o değeri 1046 mm tahmin edilmiştir. Yıllık toplam ET_o değerimiz TAGEM-DSİ (2017) ye göre 405 mm daha yüksektir. TAGEM-DSİ (2017)’ye göre %38.7 kadar daha yüksek çıkmasının nedeni ise hem ET_o hesaplamalarında kullanılan yöntem farklılığı hem de dikkate alınan istasyonlar ve veri aralığı farklılığı ile açıklanabilir.



Şekil 3.5. %95, %50 ve %5 ihtimalleri için Eskişehir'in aylık referans evapotranspirasyon değişimi

Eskişehir' de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12. aylarda %50 olasılıkla sırasıyla 64.2, 48.4, 96.4, 130.2, 163.2, 183, 214.8, 210.8, 145.8, 96.7, 58.1, 42.5 mm referans evapotranspirasyon gerçekleşmiştir (Şekil 3.5). ET_0 'ın en yüksek meydana geldiği temmuz ayında %95 ve %5 ihtimalle ET_0 159-246 mm arasında ve en düşük aralık ayında ise 17-57 mm arasında değişim sergilemiştir.

3.2.4. Çankırı

Çankırı' da 1929 yılından beri meteorolojik gözlemler yapılmaktadır. Ancak Angstrom katsayılarının hesaplanabilmesi için gerekli tam veri seti birkaç yılla sınırlı olduğu için yetersiz kalmıştır. Bu yüzden Angstrom katsayıları Çankırı için hesaplanamamıştır. Dolayısıyla ET_0 hesaplamalarında FAO 56 tarafından önerilen $a_s = 0.25$ ve $b_s = 0.50$ katsayıları kullanılmıştır (Tablo 3.1).

Çankırı'da 1963-2018 yılları arasında 55 yıllık bir süre boyunca güneşlenme süreleri kaydedilmiştir.

Bu dönem için aylara göre frekans analizi sonuçları Tablo 3.8' de ve frekans eşitlikleri ise Tablo 3.9'da verilmiştir. Aylık referans evapotranspirasyonun %5, %50 ve %95 ihtimalle değişimleri Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

Tablo 3.8.Çankırı ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort
95	0.42	0.66	1.63	2.37	3.34	4.09	4.68	4.06	3.42	1.73	0.74	0.48	2.30
75	0.65	1.01	2.07	3.05	3.89	4.82	5.37	4.80	4.38	2.14	1.10	0.73	2.83
50	0.76	1.18	2.30	3.39	4.18	5.18	5.72	5.17	4.87	2.36	1.28	0.86	3.10
25	0.86	1.32	2.48	3.67	4.40	5.47	6.00	5.47	5.26	2.52	1.43	0.96	3.32
10	0.92	1.42	2.61	3.86	4.56	5.69	6.20	5.69	5.54	2.65	1.53	1.04	3.48
5	0.96	1.48	2.67	3.97	4.65	5.80	6.30	5.80	5.69	2.71	1.59	1.08	3.56

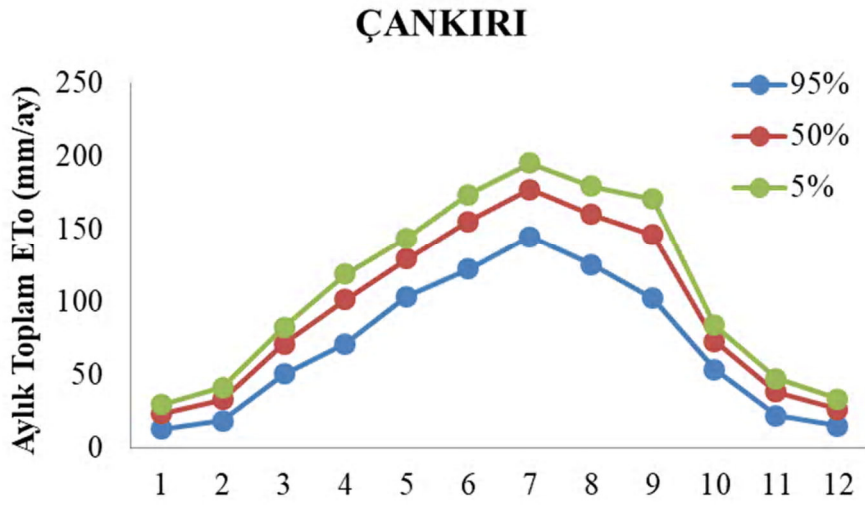
Tablo 3.9. Aylara göre Çankırı ilinin referans evapotranspirasyonu frekans analizi eşitlikleri

Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
1	$ET_o=0.3057 \times W+0.9249$	7	$ET_o=0.9159 \times W+6.1970$
2	$ET_o=0.4606 \times W+1.4225$	8	$ET_o=0.9001 \times W+5.6338$
3	$ET_o=0.5904 \times W+2.6061$	9	$ET_o=1.2849 \times W+5.5383$
4	$ET_o=0.9015 \times W+3.8643$	10	$ET_o=0.5573 \times W+2.6472$
5	$ET_o=0.7430 \times W+4.5647$	11	$ET_o=0.4776 \times W+1.5321$
6	$ET_o=0.9652 \times W+5.6869$	12	$ET_o=0.3359 \times W+1.0375$

Tekrarlanma olasılığı %5 için $W= 0.114$, %10 için $W= 0.000$, %25 için $W= -0.220$, %50 için $W= -0.521$, %75 için $W= -0.903$, ve %95 için $W= -1.652$

%50 olasılıkta görülen ET_o değerleri ortalama ET_o değerleri ile hemen hemen birbirlerine eşit çıkmaktadır. Ortalama ET_o veya %50 olasılıkla görülen ET_o değerleri incelendiğinde en yüksek ET_o 5.72 mm ile temmuz ayında görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_o 4.68-6.30 mm arasında değişim göstermiştir. Ortalama en düşük ET_o değeri ocak ayında 0.76 mm görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_o 0.42-0.96 mm arasında değişmiştir.

Çankırı’da 1963-2018 arası ortalama olarak yıllık toplam referans evapotranspirasyon 1133 mm hesaplanmıştır. TAGEM ve DSİ (2017) tarafından ASCE Standardize Penman-Monteith eşitliğine göre Çankırı’nın yıllık toplam ET_o değeri 944 mm tahmin edilmiştir. Yıllık toplam ET_o değerimiz TAGEM-DSİ (2017) ye göre 189 mm daha yüksektir. TAGEM-DSİ (2017)’ye göre %20 kadar daha yüksek çıkmasının nedeni ise hem ET_o hesaplamalarında kullanılan yöntem farklılığı hem de dikkate alınan istasyonlar ve veri aralığı farklılığı ile açıklanabilir.

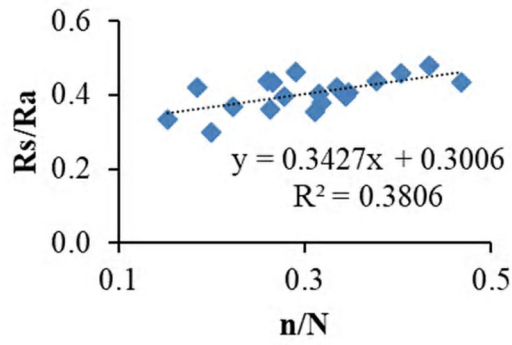
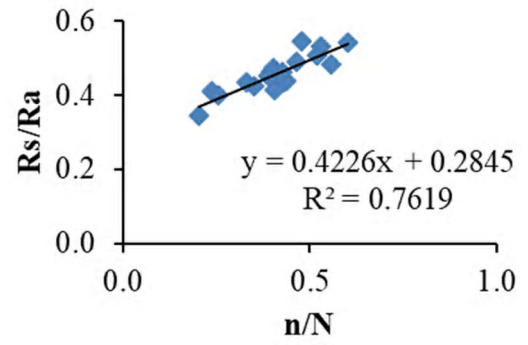
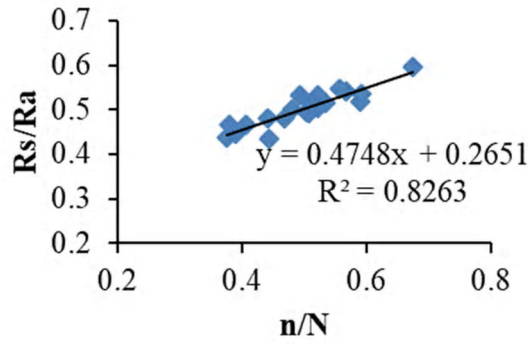
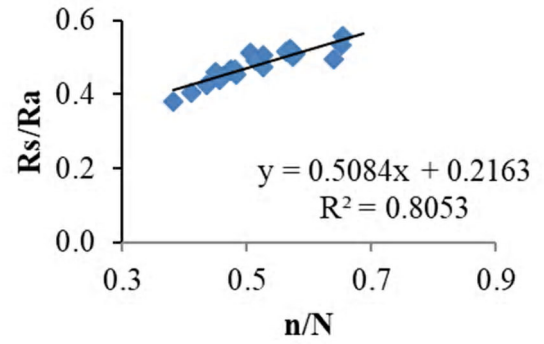
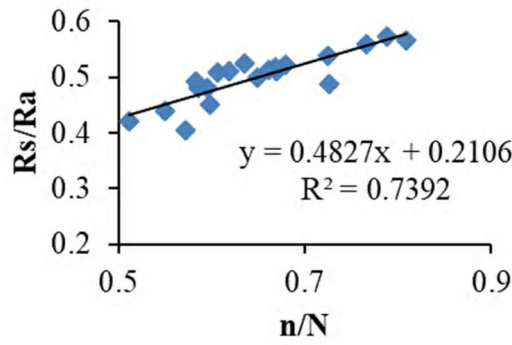
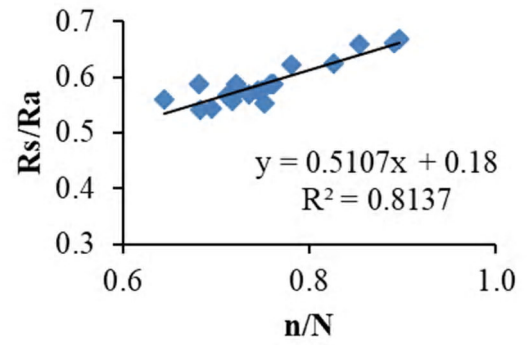


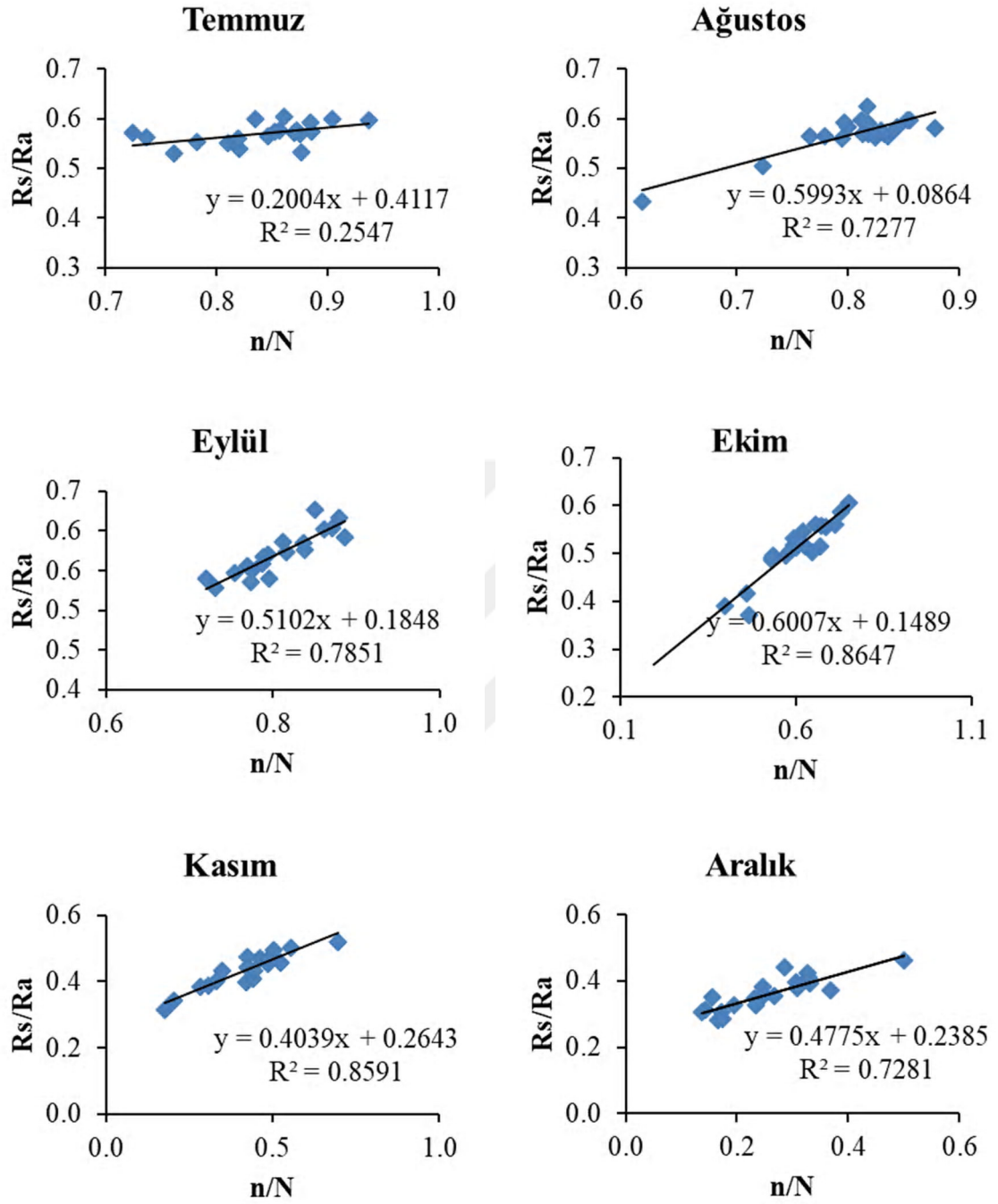
Şekil 3.6. %95, %50 ve %5 ihtimalleri için Çankırı'nın aylık referans evapotranspirasyon değişimi

Çankırı'da 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12. aylarda %50 olasılıkla sırasıyla 23.6, 33.0, 71.3, 101.7, 129.06, 155.4, 177.3 160.3, 146.1 73.2 38.4, 26.7 mm referans evapotranspirasyon gerçekleşmiştir (Şekil 3.6). ETo 'ın en yüksek meydana geldiği temmuz ayında %95 ve %5 ihtimalle ETo 145-195 mm arasında ve en düşük ocak ayında ise 13-30 mm arasında değişim sergilemiştir.

3.2.5. Kırıkkale

Kırıkkale' de 1929 yılından beri meteorolojik gözlemler yapılmaktadır. Ancak Angstrom katsayılarının hesaplanabilmesi için gerekli tam veri seti 1985 in 8. ayları ile 1996'in 7. ayları arasında ve 1997'nin 1. ayı ile 2007'nin 12. ayları arasında ve 2017 yılı yaklaşık 39 yıllık bir dönem için bulunmaktadır. Bu veri aralığı için aylara göre Angstrom katsayılarına ilişkin grafikler Şekil 3.7'de gösterilmiş ve Angstrom katsayıları ise Tablo 3.1'de sunulmuştur.

Ocak**Şubat****Mart****Nisan****Mayıs****Haziran**



Şekil 3.7. Kırıkkale ilinin aylara göre Angstrom katsayıları

Angstrom katsayılarının belirlenebilmesi için 39 yıllık tam veri seti bulunmasına karşılık güneşlenme süreleri (n) 1985-2018 arasında arada birkaç yıl eksik değerlerle birlikte yaklaşık 33 yıl kaydedilmiştir. Kırıkkale için belirlenen Angstrom katsayıları ile bu 33 yıllık dönem boyunca referans evapotranspirasyon (ET_o) hesaplanmıştır. Bu dönem için aylara göre frekans analizi sonuçları Tablo 3.10'da ve frekans eşitlikleri ise

Tablo 3.11’de verilmiştir. Aylık referans evapotranspirasyonun %5, %50 ve %95 ihtimalle değişimleri Şekil 3.8’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.10. Kırıkkale ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort
95	0.55	1.04	2.14	2.97	2.96	4.34	5.41	5.11	3.86	2.48	1.09	0.76	2.73
75	0.83	1.47	2.65	3.64	3.63	5.34	6.18	5.88	4.37	2.94	1.43	1.03	3.28
50	0.97	1.69	2.90	3.98	3.98	5.85	6.58	6.27	4.64	3.17	1.61	1.17	3.57
25	1.08	1.86	3.11	4.25	4.25	6.25	6.89	6.57	4.84	3.35	1.75	1.28	3.79
10	1.16	1.98	3.25	4.45	4.45	6.55	7.12	6.80	4.99	3.49	1.85	1.36	3.95
5	1.21	2.05	3.33	4.55	4.55	6.70	7.24	6.91	5.07	3.56	1.91	1.40	4.04

Tablo 3.11. Aylara göre Kırıkkale ilinin referans evapotranspirasyon frekans analizi eşitlikleri

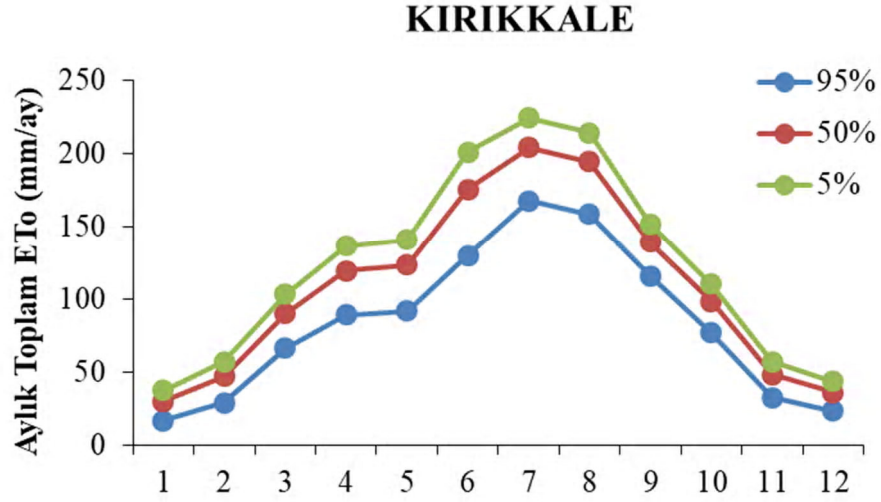
Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
1	$ET_o=0.3734 \times W + 1.1647$	7	$ET_o=1.0369 \times W + 7.1206$
2	$ET_o=0.5672 \times W + 1.9810$	8	$ET_o=1.0191 \times W + 6.7975$
3	$ET_o=0.6736 \times W + 3.2536$	9	$ET_o=0.6861 \times W + 4.9935$
4	$ET_o=0.8942 \times W + 4.4462$	10	$ET_o=0.607 \times W + 3.48570$
5	$ET_o=0.8991 \times W + 5.2068$	11	$ET_o=0.4631 \times W + 1.8533$
6	$ET_o=1.3388 \times W + 6.5497$	12	$ET_o=0.3598 \times W + 1.3592$

Tekrarlanma olasılığı %5 için $W=0.114$, %10 için $W=0.000$, %25 için $W=-0.220$, %50 için $W=-0.521$, %75 için $W=-0.903$, ve %95 için $W=-1.652$

%50 olasılıkta görülen ET_o değerleri ortalama ET_o değerleri ile hemen hemen birbirlerine eşit çıkmaktadır. Ortalama ET_o veya %50 olasılıkla görülen ET_o değerleri incelendiğinde en yüksek ET_o 6.58 mm ile temmuz ayında görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_o 5.41-7.24 mm arasında değişim göstermiştir. Ortalama en düşük ET_o değeri ocak ayında 0,97 mm görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_o 0.55-1.21 mm arasında değişmiştir.

Kırıkkale’de 1985-2018 arası ortalama olarak yıllık toplam referans evapotranspirasyon 1302 mm hesaplanmıştır. TAGEM ve DSİ (2017) tarafından ASCE Standardize Penman-Monteith eşitliğine göre Kırıkkale’nin yıllık toplam ET_o değeri 1075 mm tahmin edilmiştir. Yıllık toplam ET_o değerimiz TAGEM-DSİ (2017) ye göre 227 mm daha yüksektir. TAGEM-DSİ (2017)’ye göre %21.1 kadar daha yüksek çıkmasının

nedeni ise hem ET_o hesaplamalarında kullanılan yöntem farklılığı hem de dikkate alınan istasyonlar ve veri aralığı farklılığı ile açıklanabilir.

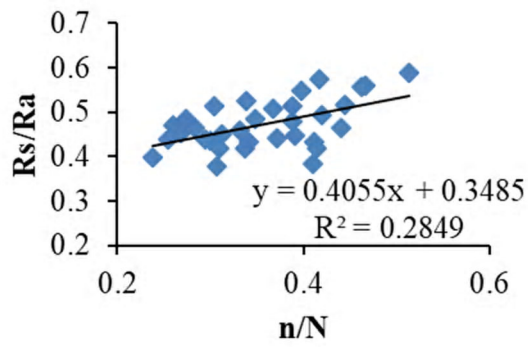
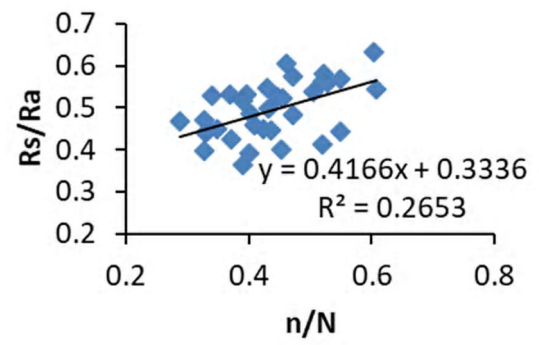
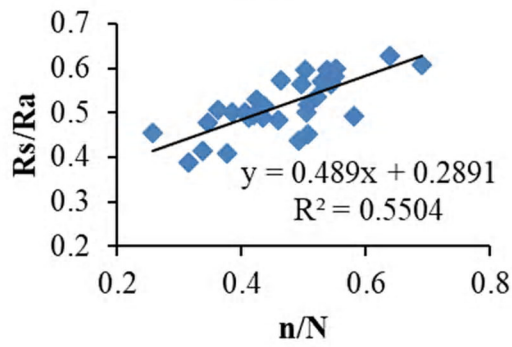
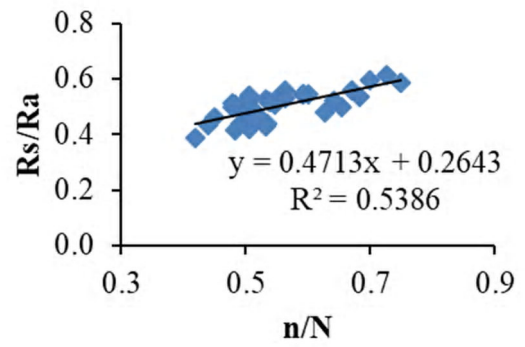
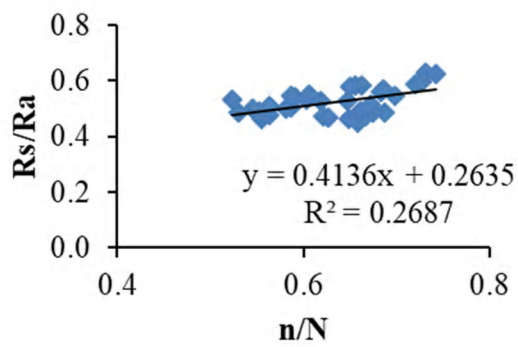
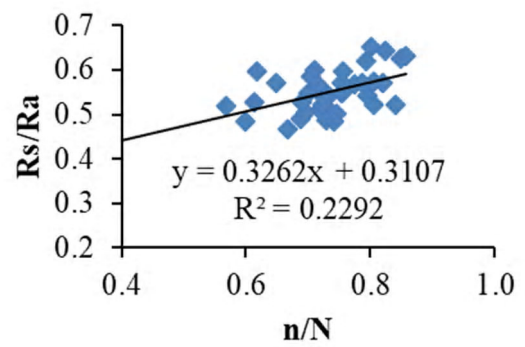


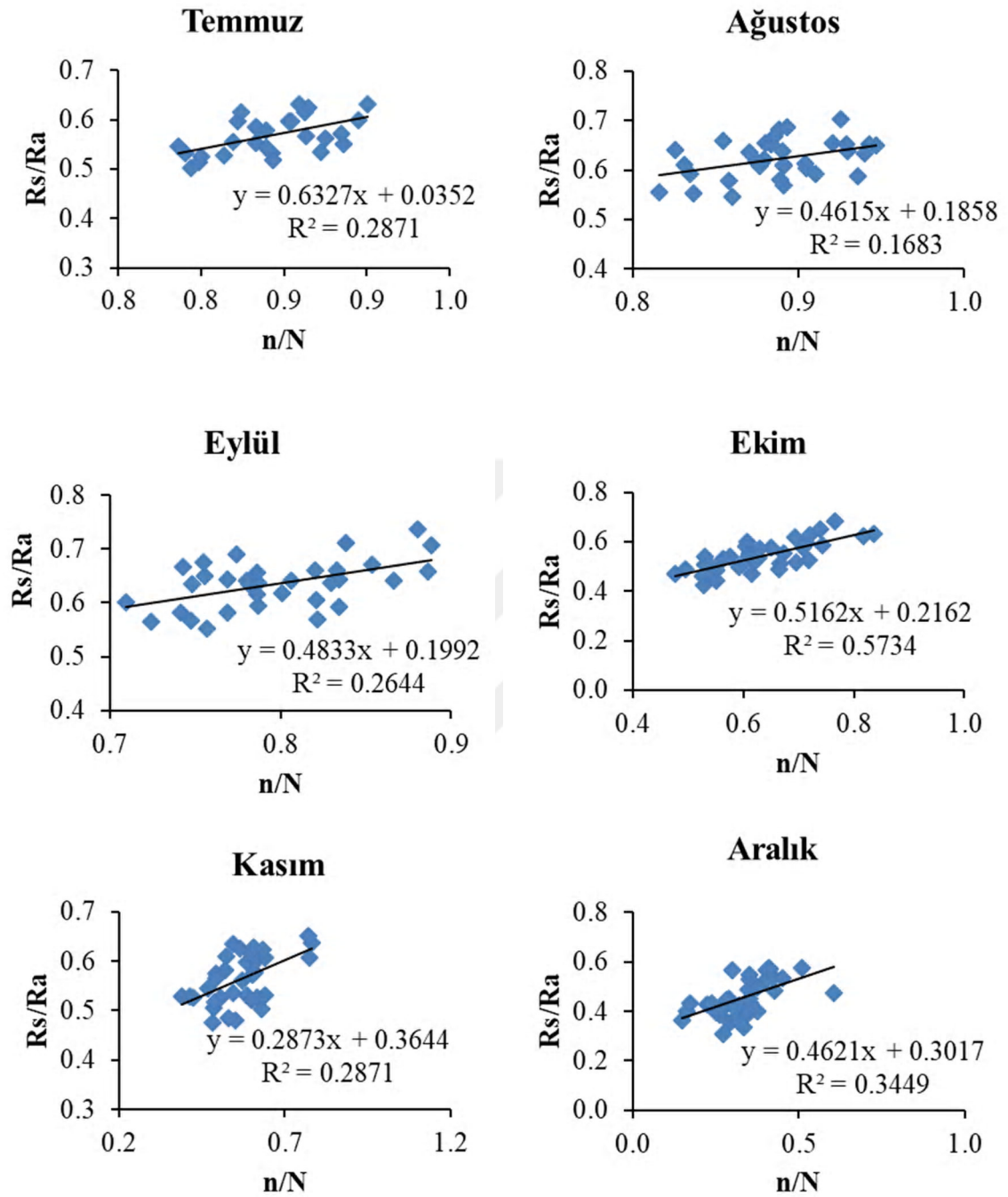
Şekil 3.8. %95, %50 ve %5 ihtimalleri için Kırıkkale'nin aylık referans evapotranspirasyon değişimi

Kırıkkale'de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12. aylarda %50 olasılıkla sırasıyla 30.1, 47.3, 89.9, 119.4, 123.4, 175.5, 204, 194.4, 139.2 98.3 48.3, 36.3 mm referans evapotranspirasyon gerçekleşmiştir (Şekil 3.8). ET_o 'ın en yüksek meydana geldiği temmuz ayında %95 ve %5 ihtimalle ET_o 168-224 mm arasında ve en düşük ocak ayında ise 17-38 mm arasında değişim sergilemiştir.

3.2.6. Kırşehir

Kırşehir' de 1929 yılından beri meteorolojik gözlemler yapılmaktadır. Ancak Angstrom katsayılarının hesaplanabilmesi için gerekli tam veri seti 1968 ile 1981'in 4. ayları arasında ve 1982'nin 4. ayı ile 2016'nın 12. ayları arasında yaklaşık 49 yıllık bir dönem için bulunmaktadır. Bu veri aralığı için aylara göre Angstrom katsayılarına ilişkin grafikler Şekil 3.9'da gösterilmiş ve Angstrom katsayıları ise Tablo 3.1'de sunulmuştur

Ocak**Şubat****Mart****Nisan****Mayıs****Haziran**



Şekil 3.9. Kırşehir ilinin aylara göre Angstrom katsayıları

Angstrom katsayılarının belirlenebilmesi için 49 yıllık tam veri seti bulunmasına karşılık güneşlenme süreleri (n) 1938-2018 arasında arada birkaç yıl eksik değerlerle birlikte yaklaşık 80 yıl kaydedilmiştir. Kırşehir için belirlenen Angstrom katsayıları ile bu 80 yıllık dönem boyunca referans evapotranspirasyon (ET_o) hesaplanmıştır. Bu dönem için aylara göre frekans analizi sonuçları Tablo 3.12’de ve frekans eşitlikleri ise

Tablo 3.13’de verilmiştir. Aylık referans evapotranspirasyonun %5, %50 ve %95 ihtimalle değişimleri Şekil 3.10’da gösterilmiştir.

Tablo 3.12.Kırşehir ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort
95	0.70	0.85	1.83	2.61	3.26	3.88	5.34	4.49	5.28	3.39	1.48	0.56	2.81
75	1.03	1.44	2.60	3.52	4.10	5.01	5.57	5.72	6.03	4.14	2.23	1.31	3.56
50	1.21	1.75	3.00	3.98	4.53	5.59	5.69	6.35	6.41	4.52	2.61	1.69	3.94
25	1.34	1.99	3.31	4.34	4.86	6.05	5.78	6.84	6.71	4.82	2.91	1.99	4.25
10	1.44	2.16	3.54	4.61	5.11	6.38	5.85	7.20	6.93	5.04	3.14	2.21	4.47
5	1.49	2.26	3.65	4.75	5.24	6.55	5.88	7.39	7.04	5.16	3.25	2.33	4.58

Tablo 3.13. Aylara göre Kırşehir ilininreferansevapotranspirasyonun frekans analizi eşitlikleri

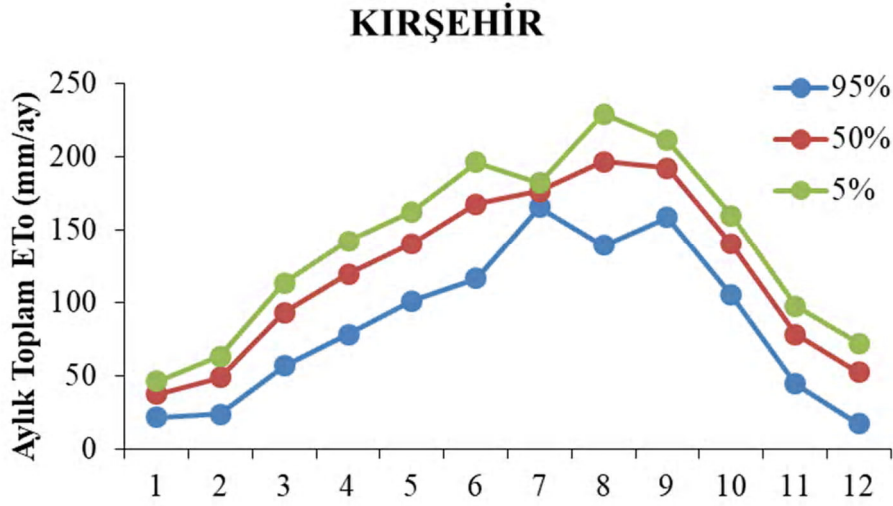
Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
1	$ET_0=0.4474 \times W + 1.4383$	7	$ET_0=1.6352 \times W + 7.6535$
2	$ET_0=0.7968 \times W + 2.1642$	8	$ET_0=1.6401 \times W + 7.2034$
3	$ET_0=1.0328 \times W + 3.5353$	9	$ET_0=1.3792 \times W + 5.5495$
4	$ET_0=1.2093 \times W + 4.6082$	10	$ET_0=1.1627 \times W + 3.8803$
5	$ET_0=1.1176 \times W + 5.1108$	11	$ET_0=0.9061 \times W + 2.2289$
6	$ET_0=1.5146 \times W + 6.3810$	12	$ET_0=0.6238 \times W + 1.5892$

Tekrarlanma olasılığı %5 için $W = 0.114$, %10 için $W = 0.000$, %25 için $W = -0.220$, %50 için $W = -0.521$, %75 için $W = -0.903$, ve %95 için $W = -1.652$

%50 olasılıkta görülen ET_0 değerleri ortalama ET_0 değerleri ile hemen hemen birbirlerine eşit çıkmaktadır. Ortalama ET_0 veya %50 olasılıkla görülen ET_0 değerleri incelendiğinde en yüksek ET_0 6,41mm ile eylül ayında görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_0 5.28-7.04 mm arasında değişim göstermiştir. Ortalama en düşük ET_0 değeri Ocak ayında 1.21 mm görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_0 0.70-1.49 mm arasında değişmiştir.

Kırşehir’de 1938-2018 arası ortalama olarak yıllık toplam referans evapotranspirasyon 1440 mm hesaplanmıştır. TAGEM ve DSİ (2017) tarafından ASCE Standardize Penman-Monteith eşitliğine göre Kırşehir’in yıllık toplam ET_0 değeri 1114 mm tahmin edilmiştir. Yıllık toplam ET_0 değerimiz TAGEM-DSİ (2017) ye göre 326 mm daha yüksektir. TAGEM-DSİ (2017)’ye göre %29.3 kadar daha yüksek çıkmasının nedeni ise

hem ET_o hesaplamalarında kullanılan yöntem farklılığı hem de dikkate alınan istasyonlar ve veri aralığı farklılığı ile açıklanabilir.

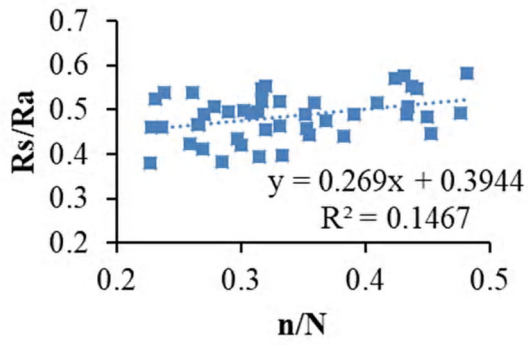
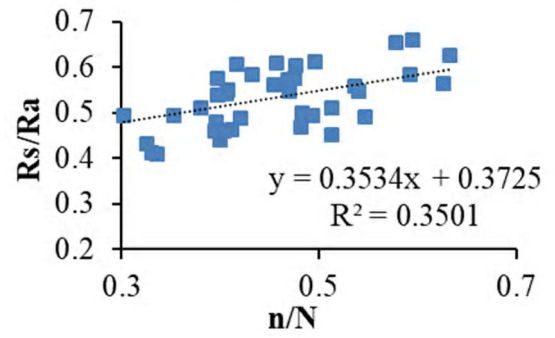
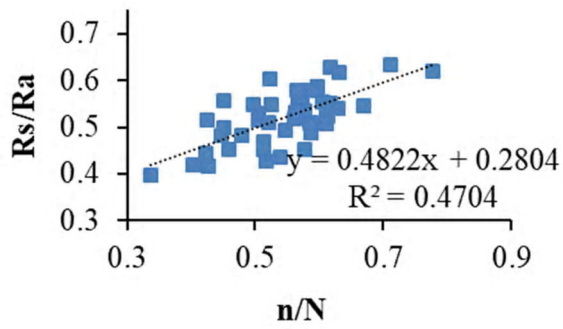
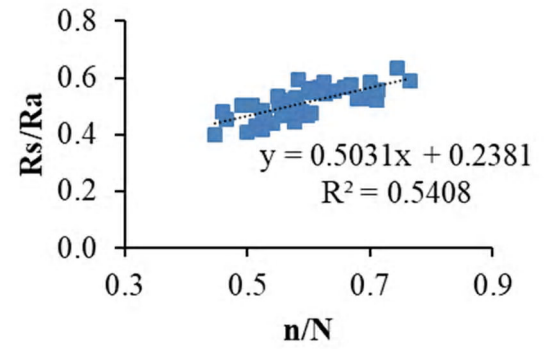
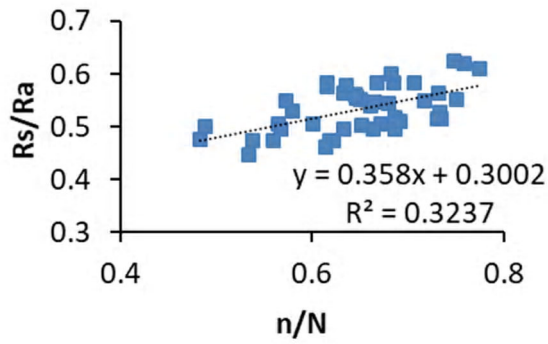
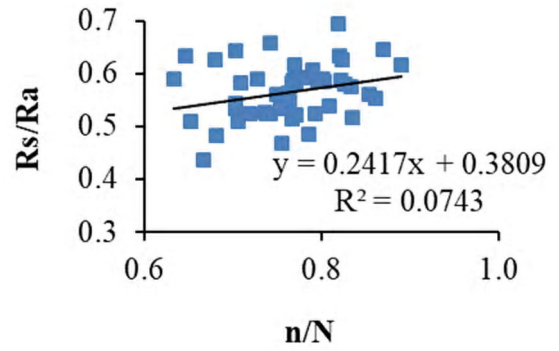


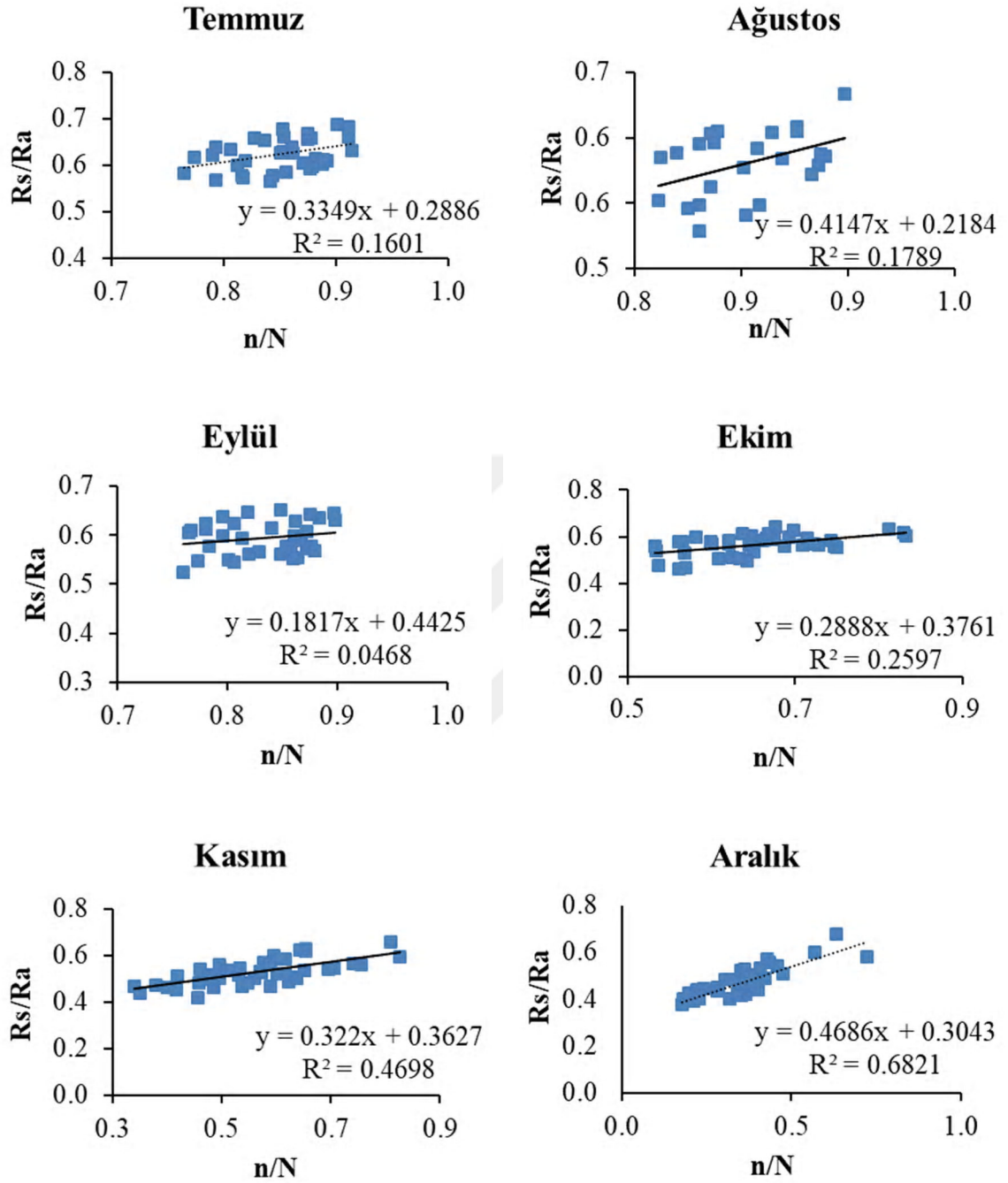
Şekil 3.10. %95, %50 ve %5 ihtimalleri için Kırşehir'in aylık referans evapotranspirasyon değişimi

Kırşehir'de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12. aylarda %50 olasılıkla sırasıyla 37.5, 49, 93, 119.4, 140.4, 167.7, 176.4, 196.9, 192.3, 140.1, 78.3, 52.4 mm referans evapotranspirasyon gerçekleşmiştir (Şekil 3.10). ET_o 'ın en yüksek meydana geldiği eylül ayında %95 ve %5 ihtimalle ET_o 158-211 mm arasında ve en düşük ocak ayında ise 22-46 mm arasında değişim sergilemiştir.

3.2.7. Aksaray

Aksaray'da 1929 yılından beri meteorolojik gözlemler yapılmaktadır. Ancak Angstrom katsayılarının hesaplanabilmesi için gerekli tam veri seti 1968-2018 arasında yaklaşık 50 yıllık bir dönem için bulunmaktadır. Bu veri aralığı için aylara göre Angstrom katsayılarına ilişkin grafikler Şekil 3.11'de gösterilmiş ve Angstrom katsayıları ise Tablo 3.1'de sunulmuştur.

Ocak**Şubat****Mart****Nisan****Mayıs****Haziran**



Şekil 3.11. Aksaray ilinin aylara göre Angstrom katsayıları

Angstrom katsayılarının belirlenebilmesi için 50 yıllık tam veri seti bulunmasına karşılık güneşlenme süreleri (n) 1966-2018 arasında arada birkaç yıl eksik değerlerle birlikte yaklaşık 52 yıl kaydedilmiştir. Aksaray için belirlenen Angstrom katsayıları ile bu 52 yıllık dönem boyunca referans evapotranspirasyon (ET_o) hesaplanmıştır. Bu dönem için aylara göre frekans analizi sonuçları Tablo 3.14’de ve frekans eşitlikleri ise

Tablo 3.15’de verilmiştir. Aylık referans evapotranspirasyonun %5, %50 ve %95 ihtimalle değişimleri Şekil 3.11’de gösterilmiştir.

Tablo 3.14. Aksaray ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort
95	0.74	1.16	2.32	3.39	4.03	4.73	5.57	5.26	3.98	2.65	1.49	0.99	3.03
75	1.21	1.83	3.05	4.08	4.60	5.42	6.27	5.87	4.41	3.16	1.95	1.52	3.61
50	1.45	2.17	3.43	4.44	4.89	5.77	6.62	6.18	4.63	3.42	2.18	1.79	3.91
25	1.64	2.44	3.72	4.72	5.12	6.05	6.90	6.42	4.81	3.63	2.37	2.00	4.15
10	1.78	2.64	3.93	4.92	5.28	6.25	7.11	6.60	4.93	3.78	2.50	2.16	4.32
5	1.86	2.74	4.05	5.02	5.37	6.36	7.21	6.69	5.00	3.86	2.57	2.24	4.41

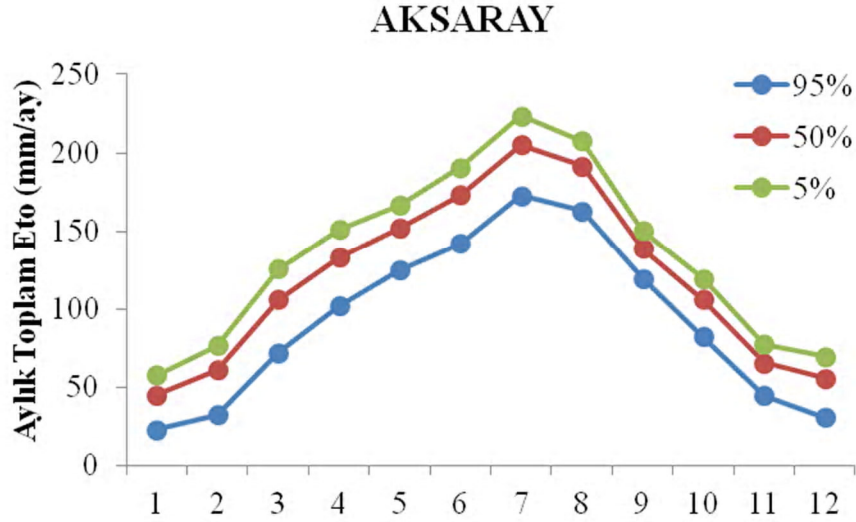
Tablo 3.15. Aylara göre Aksaray ilinin referans evapotranspirasyonun frekans analizi eşitlikleri

Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
1	$ET_o = 0.6345 \times W + 1.7834$	7	$ET_o = 0.9289 \times W + 7.1067$
2	$ET_o = 0.8966 \times W + 2.6378$	8	$ET_o = 0.814 \times W + 6.60180$
3	$ET_o = 0.9758 \times W + 3.9339$	9	$ET_o = 0.5787 \times W + 4.9346$
4	$ET_o = 0.9246 \times W + 4.9192$	10	$ET_o = 0.6837 \times W + 3.7772$
5	$ET_o = 0.7563 \times W + 5.2832$	11	$ET_o = 0.610 \times W + 2.50010$
6	$ET_o = 0.924 \times W + 6.25270$	12	$ET_o = 0.7068 \times W + 2.1606$

Tekrarlanma olasılığı %5 için $W = 0.114$, %10 için $W = 0.000$, %25 için $W = -0.220$, %50 için $W = -0.521$, %75 için $W = -0.903$, ve %95 için $W = -1.652$

%50 olasılıkta görülen ET_o değerleri ortalama ET_o değerleri ile hemen hemen birbirlerine eşit çıkmaktadır. Ortalama ET_o veya %50 olasılıkla görülen ET_o değerleri incelendiğinde en yüksek ET_o 6.62 mm ile Temmuz ayında görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_o 5.57-7.21 mm arasında değişim göstermiştir. Ortalama en düşük ET_o değeri Ocak ayında 1.45 mm görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_o 0.74-1.86 mm arasında değişmiştir.

Aksaray’da 1966-2018 arası ortalama olarak yıllık toplam referans evapotranspirasyon 1429 mm hesaplanmıştır. TAGEM ve DSİ (2017) tarafından ASCE Standardize Penman-Monteith eşitliğine göre Aksaray’ın yıllık toplam ET_o değeri 1177 mm tahmin edilmiştir. Yıllık toplam ET_o değerimiz TAGEM-DSİ (2017) ye göre 252 mm daha yüksektir. TAGEM-DSİ (2017)’ye göre %21.4 kadar daha yüksek çıkmasının nedeni ise hem ET_o hesaplamalarında kullanılan yöntem farklılığı hem de dikkate alınan istasyonlar ve veri aralığı farklılığı ile açıklanabilir.



Şekil 3.12. %95, %50 ve %5 ihtimalleri için Aksaray'ın aylık referans evapotranspirasyon değişimi

Aksaray'da 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12 aylardan %50 olasılıkla sırasıyla 45, 60.8, 106.2, 133.1, 151.6, 173.1, 205.3, 191.5, 139, 106, 65.5, 55.6 mm referans evapotranspirasyon gerçekleşmiştir (Şekil 3.12). ET_o 'ın en yüksek meydana geldiği Temmuz ayında %95 ve %5 ihtimalle ET_o 173-224 mm arasında ve en düşük ocak ayında ise 23-57 mm arasında değişim sergilemiştir.

3.2.8. Nevşehir

Nevşehir' de 1929 yılından beri meteorolojik gözlemler yapılmaktadır. Ancak Angstrom katsayılarının hesaplanabilmesi için gerekli tam veri seti birkaç yılla sınırlı olduğu için yetersiz kalmıştır. Bu yüzden Angstrom katsayıları Nevşehir için hesaplanamamıştır. Dolayısıyla ET_o hesaplamalarında FAO 56 tarafından önerilen $a_s=0.25$ ve $b_s=0.50$ katsayıları kullanılmıştır (Tablo 3.1).

Nevşehir' de 1959-2018 arasında yaklaşık 59 yıllık bir süre boyunca güneşlenme süreleri kaydedilmiştir.

Bu dönem için aylara göre frekans analizi sonuçları Tablo 3.16’de ve frekans eşitlikleri ise Tablo 3.17’de verilmiştir. Aylık referans evapotranspirasyonun %5, %50 ve %95 ihtimalle değişimleri Şekil 3.13’de gösterilmiştir.

Tablo 3.16. Nevşehir ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort
95	0.72	0.85	1.95	3.14	3.87	4.84	5.64	5.28	3.90	2.30	1.41	1.12	2.92
75	1.29	1.62	2.72	3.91	4.61	5.56	6.27	5.77	4.35	2.92	1.94	1.76	3.56
50	1.58	2.01	3.12	4.30	4.98	5.93	6.60	6.03	4.58	3.24	2.21	2.08	3.89
25	1.81	2.32	3.43	4.60	5.28	6.22	6.85	6.23	4.76	3.50	2.43	2.34	4.15
10	1.98	2.55	3.65	4.83	5.50	6.43	7.04	6.37	4.89	3.68	2.58	2.52	4.33
5	2.06	2.66	3.77	4.94	5.61	6.54	7.14	6.45	4.96	3.78	2.66	2.62	4.43

Tablo 3.17. Aylara göre Nevşehir ilininreferansevapotranspirasyonun frekans analizi eşitlikleri

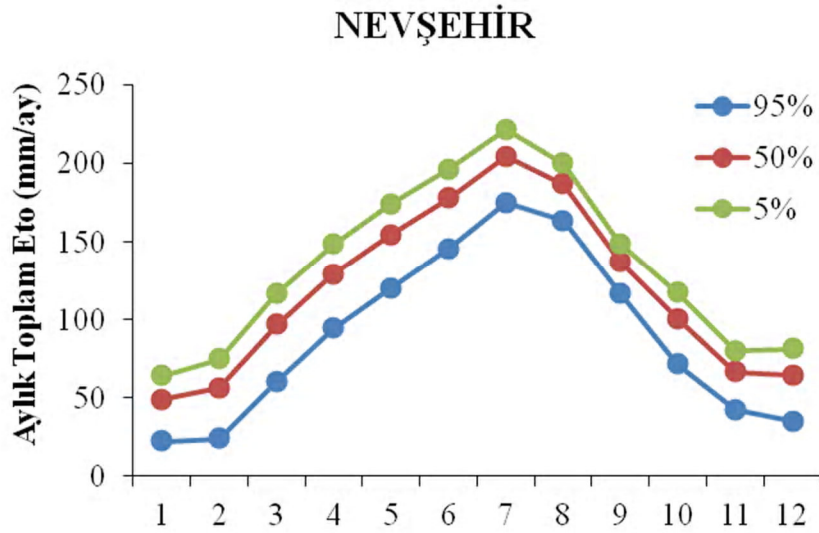
Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
1	$ET_o=0.7637 \times W + 1.9775$	7	$ET_o=0.8508 \times W + 7.0422$
2	$ET_o=1.0237 \times W + 2.5455$	8	$ET_o=0.6614 \times W + 6.3722$
3	$ET_o=1.0304 \times W + 3.6542$	9	$ET_o=0.6037 \times W + 4.8945$
4	$ET_o=1.0179 \times W + 4.8260$	10	$ET_o=0.8375 \times W + 3.6796$
5	$ET_o=0.9852 \times W + 5.4970$	11	$ET_o=0.7065 \times W + 2.5812$
6	$ET_o=0.9580 \times W + 6.4265$	12	$ET_o=0.8469 \times W + 2.2529$

Tekrarlanma olasılığı %5 için $W = 0.114$, %10 için $W = 0.000$, %25 için $W = -0.220$, %50 için $W = -0.521$, %75 için $W = -0.903$, ve %95 için $W = -1.652$

%50 olasılıkta görülen ET_o değerleri ortalama ET_o değerleri ile hemen hemen birbirlerine eşit çıkmaktadır. Ortalama ET_o veya %50 olasılıkla görülen ET_o değerleri incelendiğinde en yüksek ET_o 6.60 mm ile Temmuz ayında görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_o 5.64-7.14 mm arasında değişim göstermiştir. Ortalama en düşük ET_o değeri Ocak ayında 1.58 mm görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_o 0.72-2.06 mm arasında değişmiştir.

Nevşehir’de 1959-2018 arası ortalama olarak yıllık toplam referans evapotranspirasyon 1419 mm hesaplanmıştır. TAGEM ve DSİ (2017) tarafından ASCE Standardize Penman-Monteith eşitliğine göre Nevşehir’in yıllık toplam ET_o değeri 1048 mm tahmin edilmiştir. Yıllık toplam ET_o değerimiz TAGEM-DSİ (2017) ye göre 371 mm daha

yüksektir. TAGEM-DSİ (2017)'ye göre %35.40 kadar daha yüksek çıkmasının nedeni ise hem ET_0 hesaplamalarında kullanılan yöntem farklılığı hem de dikkate alınan istasyonlar ve veri aralığı farklılığı ile açıklanabilir.



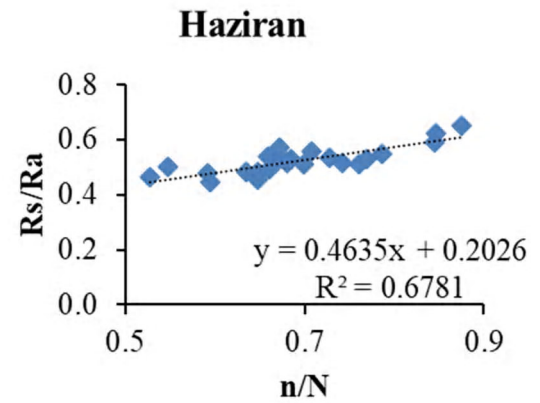
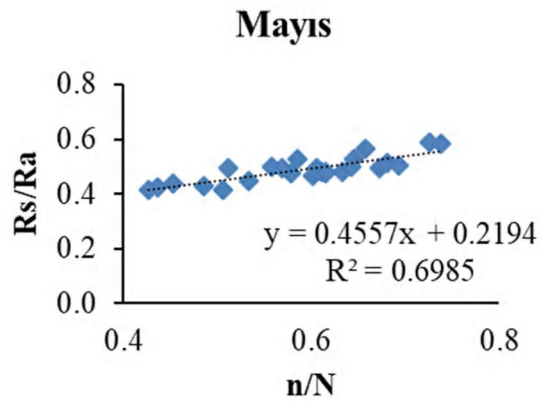
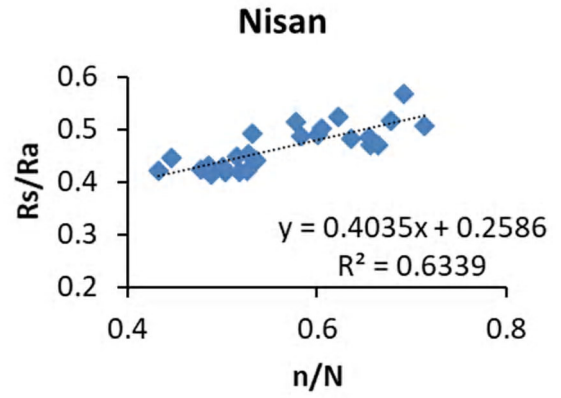
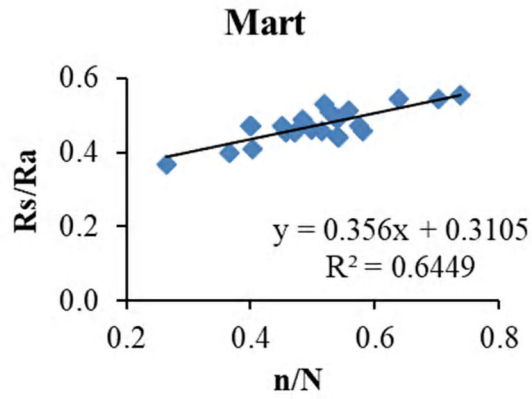
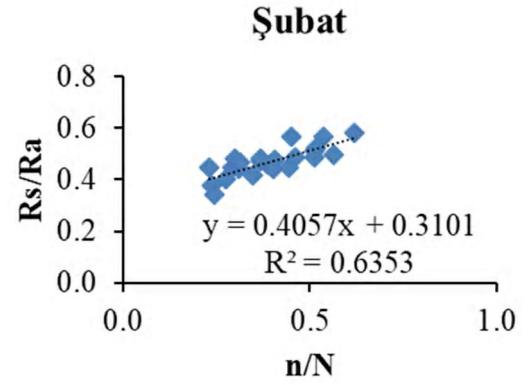
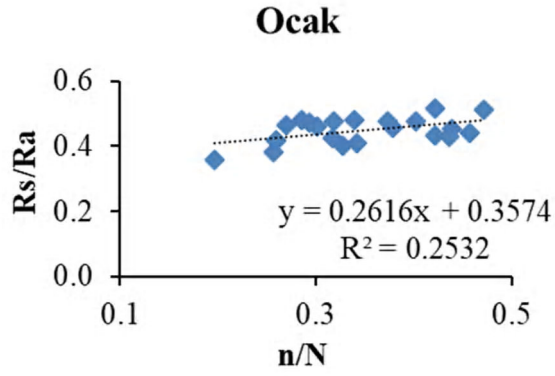
Şekil 3.13. %95, %50 ve %5 ihtimalleri için Nevşehir'in aylık referans evapotranspirasyon değişimi

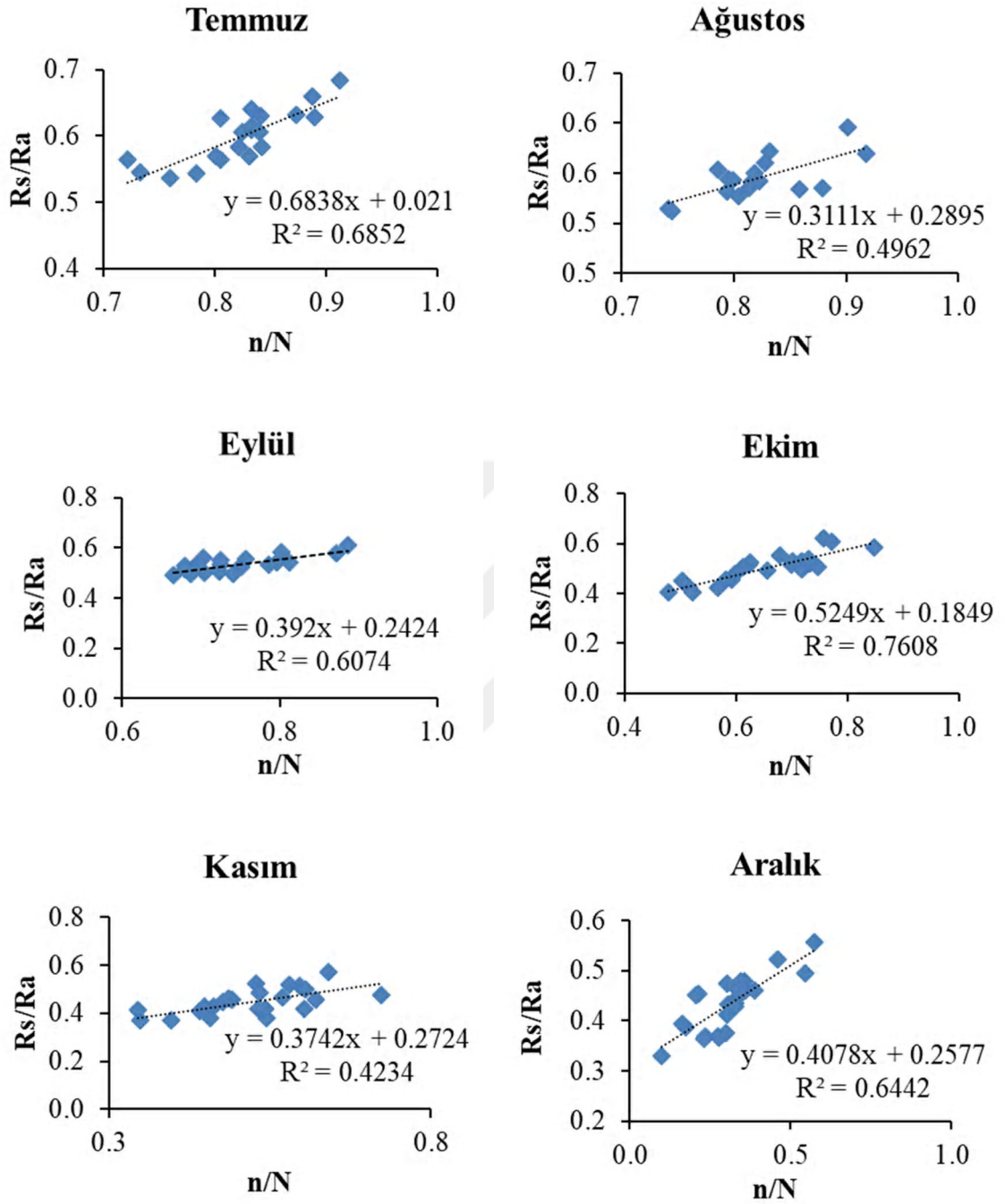
Nevşehir'de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12. aylarda %50 olasılıkla sırasıyla 49, 56.3, 96.6, 128.9, 154.5, 177.8, 204.6, 186.8, 100.5, 66.4, 64.5 mm referans evapotranspirasyon gerçekleşmiştir (Şekil 3.13). ET_0 'ın en yüksek meydana geldiği Temmuz ayında %95 ve %5 ihtimalle ET_0 175-221 mm arasında ve en düşük ocak ayında ise 22-64 mm arasında değişim sergilemiştir.

3.2.9. Yozgat

Yozgat' da 1929 yılından beri meteorolojik gözlemler yapılmaktadır. Ancak Angstrom katsayılarının hesaplanabilmesi için gerekli tam veri seti 1985'in 9.ayını ile 2010'un 4. ayları arasında yaklaşık 26 yıllık bir dönem için bulunmaktadır. Bu veri aralığı için aylara göre Angstrom katsayılarına ilişkin grafikler Şekil 3.14'de gösterilmiş ve Angstrom katsayıları ise Tablo 3.1'de sunulmuştur. Söz konusu grafiklerde nispi

güneşlenme ile nispi radyasyon arasındaki doğrusal ilişkinin x eksenini kesişimi a_s katsayısını ve ilişkinin eğimi ise b_s katsayısını vermektedir.





Şekil 3.14 . Yozgat ilinin aylara göre Angstrom katsayıları

Angstrom katsayılarının belirlenebilmesi için 26 yıllık tam veri seti bulunmasına karşılık güneşlenme süreleri (n) 1965-2018 arasında arada birkaç yıl eksik değerlerle birlikte yaklaşık 53 yıl kaydedilmiştir. Yozgat için belirlenen Angstrom katsayıları ile bu 53 yıllık dönem boyunca referans evapotranspirasyon (ET_o) hesaplanmıştır. Bu dönem için aylara göre frekans analizi sonuçları Tablo 3.18 'de ve frekans eşitlikleri ise

Tablo 3.19’da verilmiştir. Aylık referans evapotranspirasyonun %5, %50 ve %95 ihtimalle değişimleri Şekil 3.15 te gösterilmiştir.

Tablo 3.18. Yozgat ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort
95	0.52	0.78	1.59	2.31	3.13	3.83	4.46	4.07	3.06	2.09	1.18	0.66	2.31
75	0.84	1.25	2.12	3.09	3.85	4.54	5.27	4.63	3.67	2.67	1.54	1.02	2.87
50	1.00	1.49	2.38	3.49	4.22	4.90	5.68	4.92	3.97	2.97	1.72	1.21	3.16
25	1.12	1.68	2.59	3.80	4.51	5.19	6.00	5.14	4.22	3.20	1.87	1.36	3.39
10	1.21	1.82	2.75	4.03	4.72	5.40	6.24	5.31	4.39	3.38	1.98	1.46	3.56
5	1.26	1.90	2.83	4.15	4.83	5.50	6.36	5.39	4.49	3.46	2.03	1.52	3.64

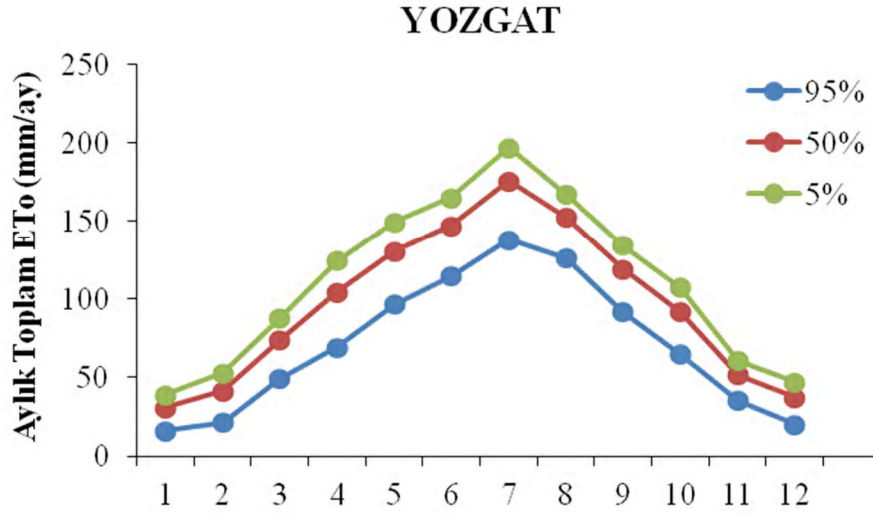
Tablo 3.19. Aylara göre Yozgat ilinin referans evapotranspirasyonun frekans analizi eşitlikleri

Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
1	$ET_0=0.4174 \times W + 1.2140$	7	$ET_0=1.0733 \times W + 6.2377$
2	$ET_0=0.6383 \times W + 1.8227$	8	$ET_0=0.7488 \times W + 5.3075$
3	$ET_0=0.6984 \times W + 2.7486$	9	$ET_0=0.8074 \times W + 4.3944$
4	$ET_0=1.0421 \times W + 4.0327$	10	$ET_0=0.7761 \times W + 3.3757$
5	$ET_0=0.9645 \times W + 4.7190$	11	$ET_0=0.4834 \times W + 1.9764$
6	$ET_0=0.9480 \times W + 5.3963$	12	$ET_0=0.4874 \times W + 1.4649$

Tekrarlanma olasılığı %5 için $W = 0.114$, %10 için $W = 0.000$, %25 için $W = -0.220$, %50 için $W = -0.521$, %75 için $W = -0.903$, ve %95 için $W = -1.652$

%50 olasılıkta görülen ET_0 değerleri ortalama ET_0 değerleri ile hemen hemen birbirlerine eşit çıkmaktadır. Ortalama ET_0 veya %50 olasılıkla görülen ET_0 değerleri incelendiğinde en yüksek ET_0 5.68 mm ile temmuz ayında görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_0 4.46-6.36 mm arasında değişim göstermiştir. Ortalama en düşük ET_0 değeri ocak ayında 1.00 mm görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_0 0.52-1.26 mm arasında değişmiştir.

Yozgat’da 1965-2018 arası ortalama olarak yıllık toplam referans evapotranspirasyon 1154 mm hesaplanmıştır. TAGEM ve DSİ (2017) tarafından ASCE Standardize Penman-Monteith eşitliğine göre Yozgat’ın yıllık toplam ET_0 değeri 915 mm tahmin edilmiştir. Yıllık toplam ET_0 değerimiz TAGEM-DSİ (2017) ye göre 239 mm daha yüksektir. TAGEM-DSİ (2017)’ye göre %26.12 kadar daha yüksek çıkmasının nedeni ise hem ET_0 hesaplamalarında kullanılan yöntem farklılığı hem de dikkate alınan istasyonlar ve veri aralığı farklılığı ile açıklanabilir.

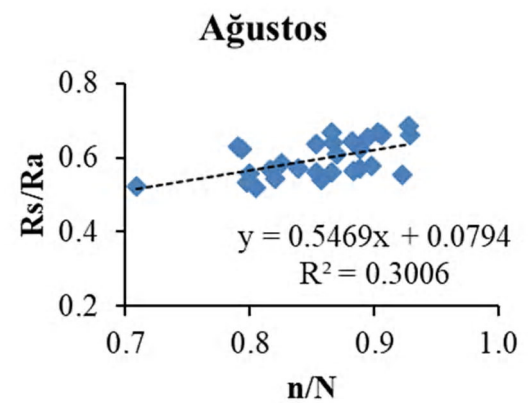
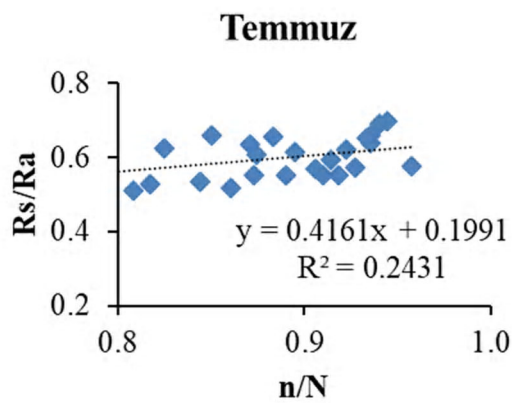
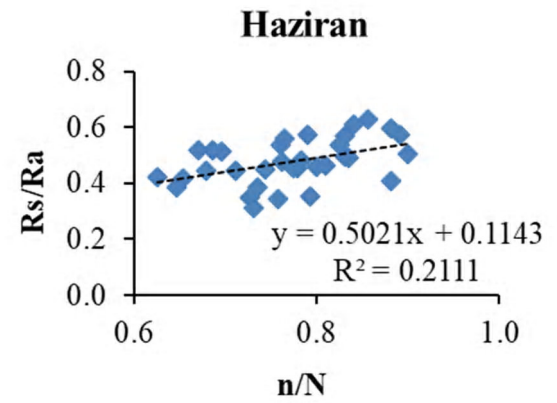
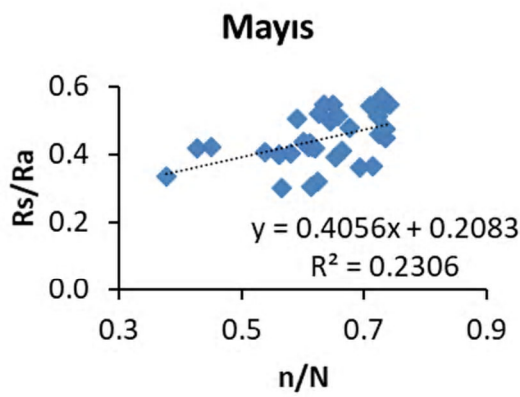
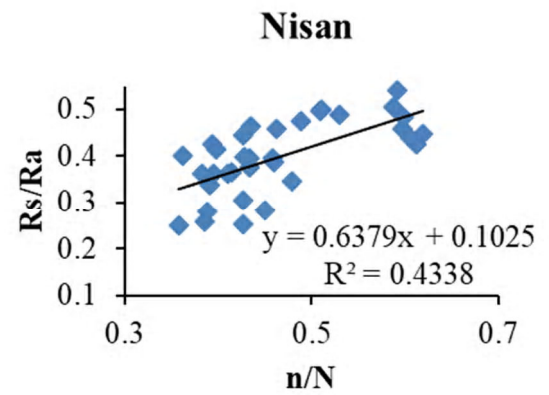
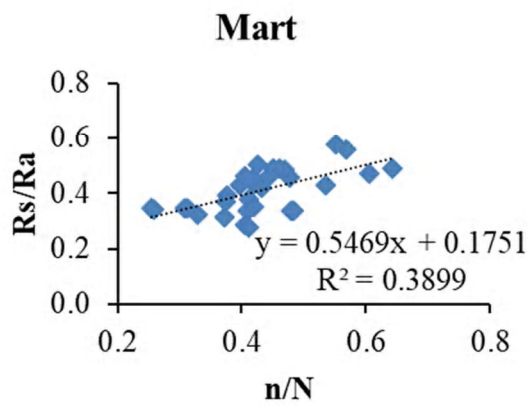
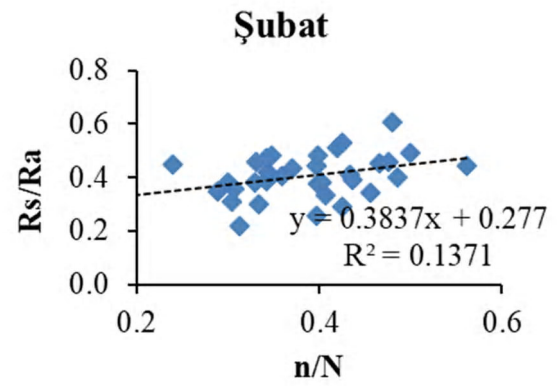
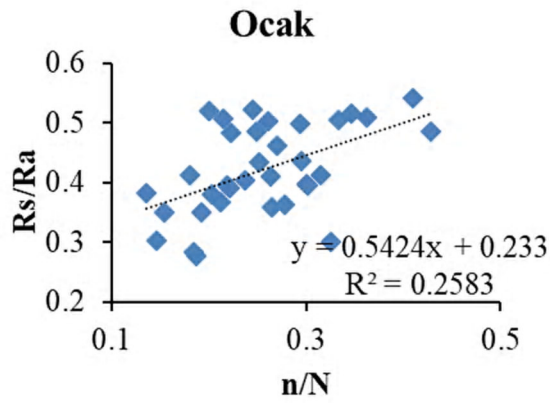


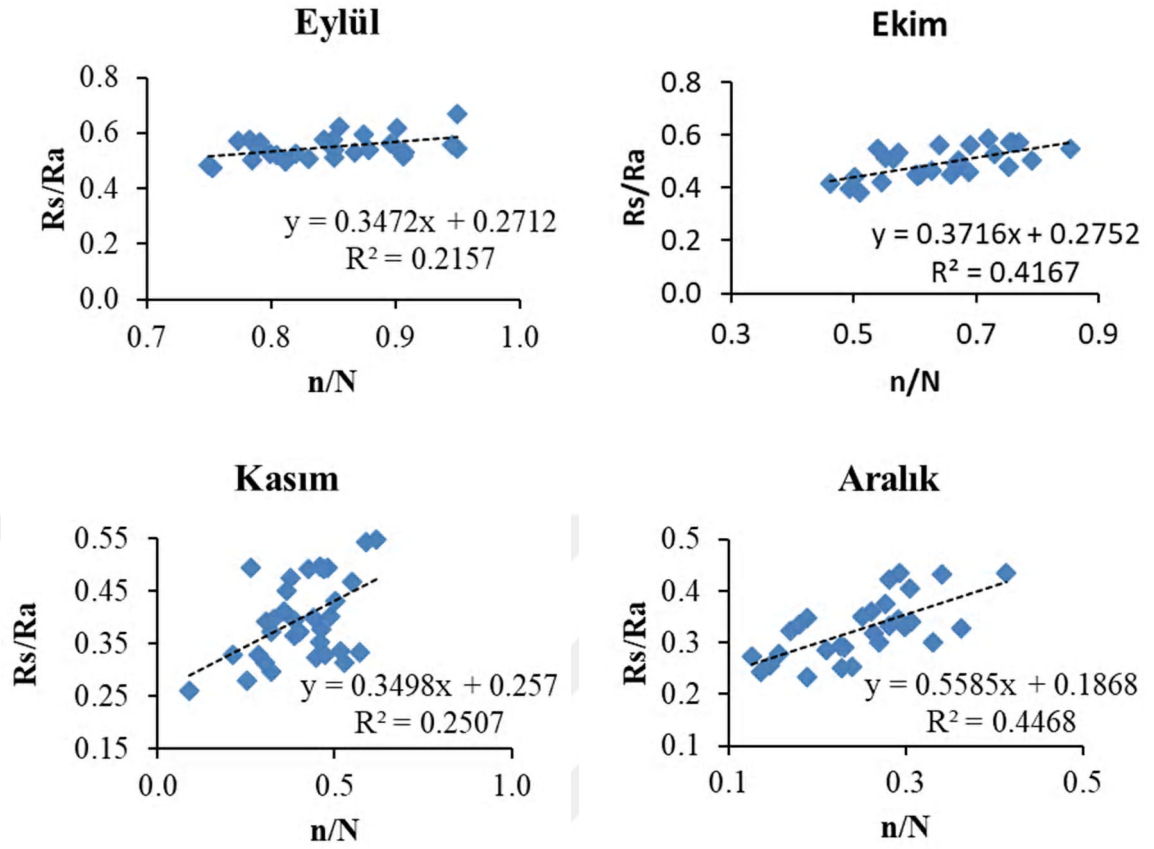
Şekil 3.15. %95, %50 ve %5 ihtimalleri için Yozgat'ın aylık referans evapotranspirasyon değişimi

Yozgat' da 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12. aylarda %50 olasılıkta sırasıyla 30.9, 41.8, 73.9, 104.7, 130.7, 147.1, 176, 151.4, 119.2, 92.1, 51.7, 37.5 mm referans evapotranspirasyon gerçekleşmiştir (Şekil 3.15). ET_o 'ın en yüksek meydana geldiği temmuz ayında %95 ve %5 ihtimalle ET_o 138-197 mm arasında ve en düşük ocak ayında ise 16-39 mm arasında değişim sergilemiştir.

3.2.10. Sivas

Sivas'ta 1929 yılından beri meteorolojik gözlemler yapılmaktadır. Ancak Angstrom katsayılarının hesaplanabilmesi için gerekli tam veri seti 1968-1980 arası 1981-1982 arası ve 1982-2006 arası 37 yıllık bir dönem için bulunmaktadır. Bu veri aralığı için aylara göre Angstrom katsayılarına ilişkin grafikler Şekil 3.16'da gösterilmiş ve Angstrom katsayıları ise Tablo 1'de sunulmuştur. Söz konusu grafiklerde nispi güneşlenme ile nispi radyasyon arasındaki doğrusal ilişkinin x eksenini kesişimi a_s katsayısını ve ilişkinin eğimi ise b_s katsayısını vermektedir





Şekil 3.16. Sivas ilinin aylara göre Angstrom katsayıları

Angstrom katsayılarının belirlenebilmesi için 37 yıllık tam veri seti bulunmasına karşılık güneşlenme süreleri (n) 1948-2007 arasında arada birkaç yıl eksik değerlerle birlikte yaklaşık 59 yıl kaydedilmiştir. Sivas için belirlenen Angstrom katsayıları ile bu 59 yıllık dönem boyunca referans evapotranspirasyon (ET_o) hesaplanmıştır. Bu dönem için aylara göre frekans analizi sonuçları Tablo 3.20’de ve frekans eşitlikleri ise Tablo 3.21’de verilmiştir. Aylık referans evapotranspirasyonun %5, %50 ve %95 ihtimalle değişimleri Şekil 3.17’de gösterilmiştir.

Tablo 3.20. Sivas ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort
95	0.42	0.46	1.06	2.27	2.74	3.41	4.00	3.68	2.60	1.62	0.74	0.51	1.96
75	0.70	0.84	1.74	2.98	3.35	4.03	4.75	4.34	3.11	2.02	1.12	0.83	2.48
50	0.84	1.03	2.08	3.34	3.67	4.34	5.14	4.68	3.37	2.23	1.32	1.00	2.75
25	0.96	1.18	2.36	3.63	3.91	4.59	5.44	4.95	3.58	2.39	1.48	1.13	2.97
10	1.04	1.29	2.56	3.83	4.09	4.77	5.66	5.14	3.73	2.51	1.59	1.22	3.12
5	1.08	1.34	2.66	3.94	4.19	4.87	5.78	5.24	3.81	2.58	1.65	1.27	3.20

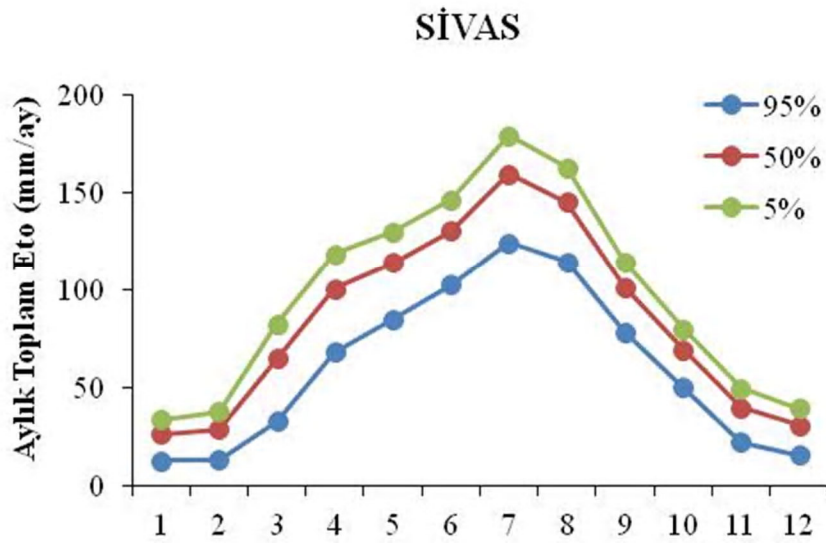
Tablo 3.21. Aylara göre Sivas ilininreferansevapotranspirasyonun frekans analizi eşitlikleri

Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
1	$ET_o=0.3774 \times W + 1.0392$	7	$ET_o=1.009 \times W + 5.66240$
2	$ET_o=0.4991 \times W + 1.2874$	8	$ET_o=0.8846 \times W + 5.1428$
3	$ET_o=0.9059 \times W + 2.5568$	9	$ET_o=0.6832 \times W + 3.7295$
4	$ET_o=1.9476 \times W + 3.8339$	10	$ET_o=0.5436 \times W + 2.5141$
5	$ET_o=0.8185 \times W + 4.0926$	11	$ET_o=0.5184 \times W + 1.5930$
6	$ET_o=0.8282 \times W + 4.7741$	12	$ET_o=0.4331 \times W + 1.2215$

Tekrarlanma olasılığı %5 için $W=0.114$, %10 için $W=0.000$, %25 için $W=-0.220$, %50 için $W=-0.521$, %75 için $W=-0.903$, ve %95 için $W=-1.652$

%50 olasılıkta görülen ET_o değerleri ortalama ET_o değerleri ile hemen hemen birbirlerine eşit çıkmaktadır. Ortalama ET_o veya %50 olasılıkla görülen ET_o değerleri incelendiğinde en yüksek ET_o 5.14 mm ile temmuz ayında görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_o 4.00-5.78 mm arasında değişim göstermiştir. Ortalama en düşük ET_o değeri ocak ayında 0.84 mm görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_o 0.42-1.08 mm arasında değişmiştir.

Sivas'ta 1948-2007 arası ortalama olarak yıllık toplam referans evapotranspirasyon 1004 mm hesaplanmıştır. TAGEM ve DSİ (2017) tarafından ASCE Standardize Penman-Monteith eşitliğine göre Sivas'ın yıllık toplam ET_o değeri 877 mm tahmin edilmiştir. Yıllık toplam ET_o değerimiz TAGEM-DSİ (2017) ye göre 127 mm daha yüksektir. TAGEM-DSİ (2017)'ye göre %14.48 kadar daha yüksek çıkmasının nedeni ise hem ET_o hesaplamalarında kullanılan yöntem farklılığı hem de dikkate alınan istasyonlar ve veri aralığı farklılığı ile açıklanabilir.

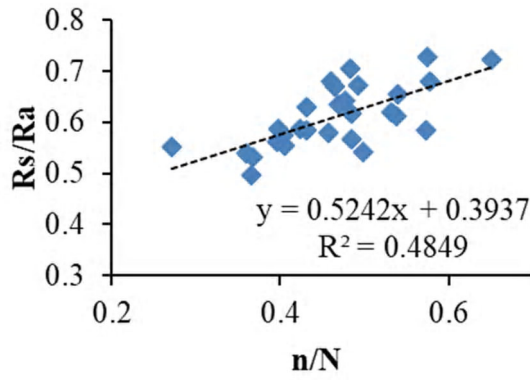
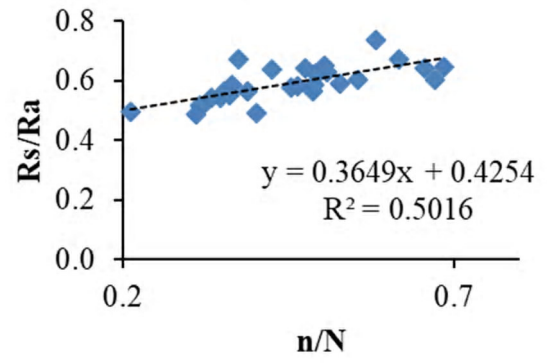
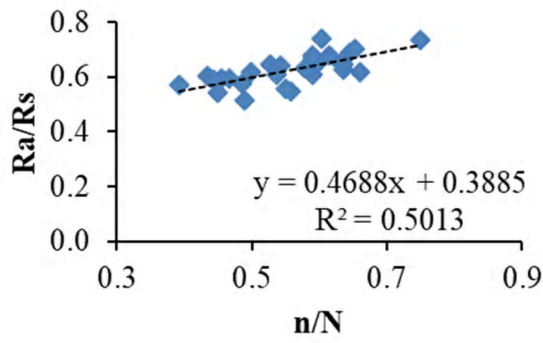
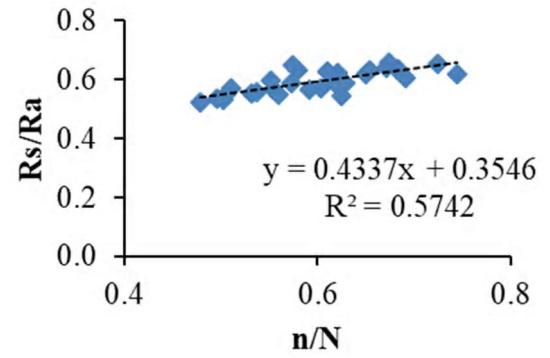
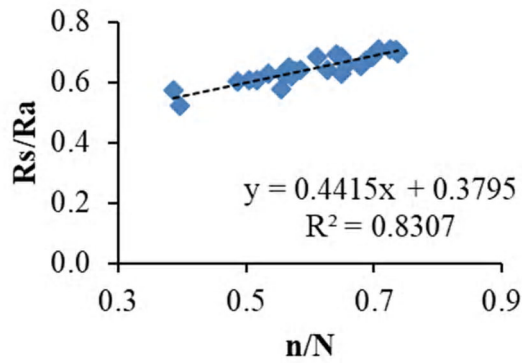
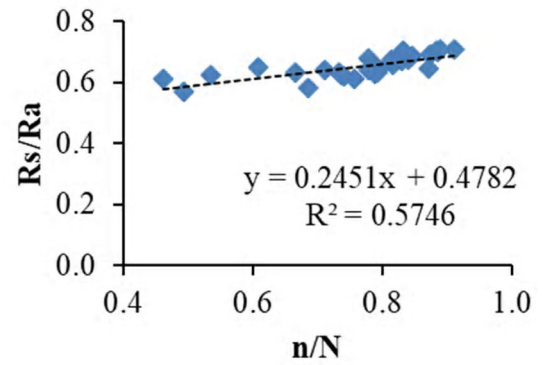


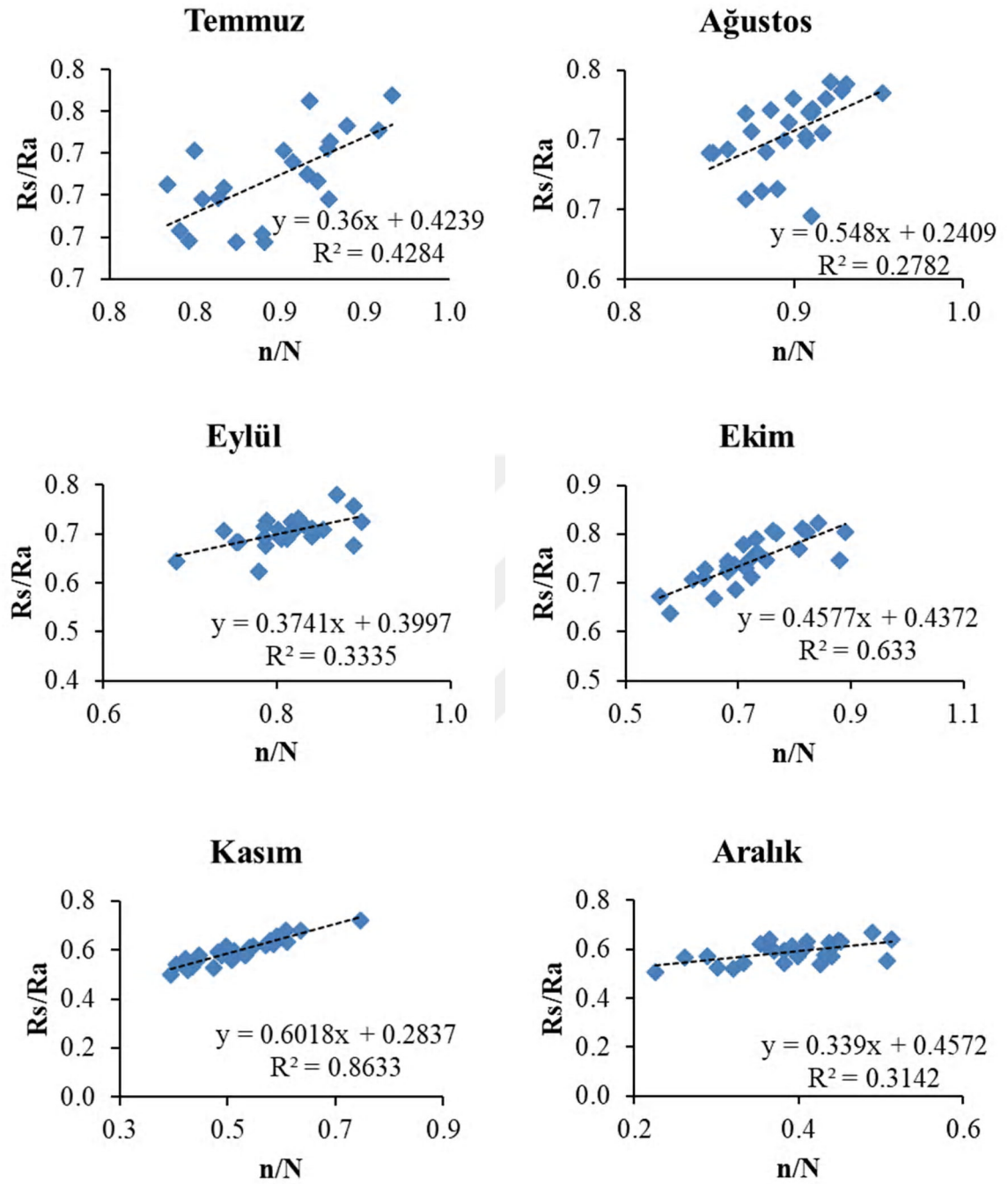
Şekil 3.17. %95, %50 ve %5 ihtimalleri için Sivas'ın aylık referans evapotranspirasyon değişimi

Sivas'da 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12. aylarda %50 olasılıkla sırasıyla 26.1, 28.8, 64.6, 100.2, 113.6, 130.3, 145.1, 101.2, 69.2, 39.7, 30.9 mm referans evapotranspirasyon gerçekleşmiştir (Şekil 3.17). ET_o 'ın en yüksek meydana geldiği temmuz ayında %95 ve %5 ihtimalle ET_o 124-179 mm arasında ve en düşük ocak ayında ise 13-34 mm arasında değişim sergilemiştir.

3.2.11. Niğde

Niğde'de 1935 yılından beri meteorolojik gözlemler yapılmaktadır. Ancak Angstrom katsayılarının hesaplanabilmesi için gerekli tam veri seti 1984'ün 9. ayı ile 2010'un 12. ayları arasında ve 2011'in 1. ayı ile 2013'un 2. ayları arasında ve 2013-2017 aylarında yaklaşık 34 yıllık bir dönem için bulunmaktadır. Bu veri aralığı için aylara göre Angstrom katsayılarına ilişkin grafikler Şekil 3.18'de gösterilmiş ve Angstrom katsayıları ise Tablo 1'de sunulmuştur. Söz konusu grafiklerde nispi güneşlenme ile nispi radyasyon arasındaki doğrusal ilişkinin x eksenini kesişimi a_s katsayısını ve ilişkinin eğimi ise b_s katsayısını vermektedir.

Ocak**Şubat****Mart****Nisan****Mayıs****Haziran**



Şekil 3.18. Niğde ilinin aylara göre Angstrom katsayıları

Angstrom katsayılarının belirlenebilmesi için 34 yıllık tam veri seti bulunmasına karşılık güneşlenme süreleri (n) 1967-2018 arasında arada birkaç yıl eksik değerlerle birlikte yaklaşık 51 yıl kaydedilmiştir. Ancak rüzgar hızındaki anormal dalgalanma nedeniyle Niğde'nin ET_o hesaplamalarında 1986 sonrası veriler dikkate alınmıştır. Niğde için belirlenen Angstrom katsayıları ile bu 33 yıllık dönem boyunca referans evapotranspirasyon (ET_o) hesaplanmıştır. Bu dönem için aylara göre frekans analizi

sonuçları Tablo 3.22’de ve frekans eşitlikleri ise Tablo 3.23’de verilmiştir. Aylık referans evapotranspirasyonun %5, %50 ve %95 ihtimalle değişimleri Şekil 3.19’da gösterilmiştir.

Tablo 3.22. Niğde ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort
95	1.02	1.36	2.62	3.66	4.74	5.25	6.30	5.86	4.40	3.40	1.90	1.10	3.47
75	1.64	2.06	3.35	4.45	5.38	5.89	6.95	6.43	4.95	3.85	2.44	1.69	4.09
50	1.95	2.41	3.72	4.86	5.70	6.21	7.28	6.72	5.24	4.09	2.71	1.99	4.41
25	2.20	2.70	4.01	5.18	5.96	6.47	7.54	6.94	5.46	4.27	2.93	2.23	4.66
10	2.38	2.90	4.23	5.41	6.15	6.66	7.73	7.11	5.62	4.40	3.09	2.41	4.84
5	2.48	3.01	4.34	5.53	6.24	6.76	7.83	7.20	5.71	4.47	3.17	2.50	4.94

Tablo 3.23 .Aylara göre Niğde ilininreferansevapotranspirasyonun frekans analizi eşitlikleri

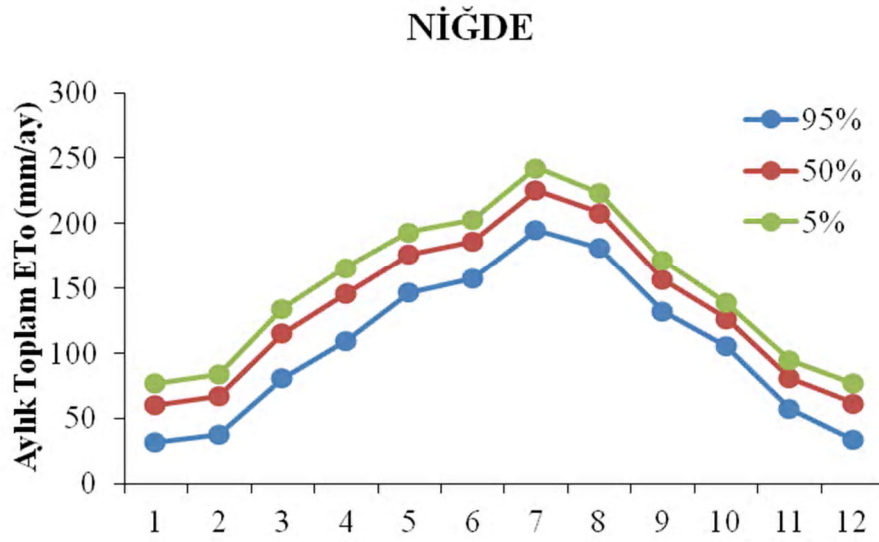
Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
1	$ET_o=0.8222 \times W + 2.3819$	7	$ET_o=0.8668 \times W + 7.7294$
2	$ET_o=0.9359 \times W + 2.9017$	8	$ET_o=0.7587 \times W + 7.1120$
3	$ET_o=0.9743 \times W + 4.2292$	9	$ET_o=0.7402 \times W + 5.6215$
4	$ET_o=1.0623 \times W + 5.4117$	10	$ET_o=0.6101 \times W + 4.4045$
5	$ET_o=0.8537 \times W + 6.1468$	11	$ET_o=0.7165 \times W + 3.0865$
6	$ET_o=0.8519 \times W + 6.6583$	12	$ET_o=0.7921 \times W + 2.4069$

Tekrarlanma olasılığı %5 için $W=0.114$, %10 için $W=0.000$, %25 için $W=-0.220$, %50 için $W=-0.521$, %75 için $W=-0.903$, ve %95 için $W=-1.652$

%50 olasılıkta görülen ET_o değerleri ortalama ET_o değerleri ile hemen hemen birbirlerine eşit çıkmaktadır. Ortalama ET_o veya %50 olasılıkla görülen ET_o değerleri incelendiğinde en yüksek ET_o 7.28 mm ile temmuz ayında görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_o 6.30-7.83 mm arasında değişim göstermiştir. Ortalama en düşük ET_o değeri ocak ayında 1.95 mm görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_o 1.02-2.48 mm arasında değişmiştir.

Niğde’de 1967-2018 arası ortalama olarak yıllık toplam referans evapotranspirasyon 1609 mm hesaplanmıştır. TAGEM ve DSİ (2017) tarafından ASCE Standardize Penman-Monteith eşitliğine göre Niğde’nin yıllık toplam ET_o değeri 1155 mm tahmin edilmiştir. Yıllık toplam ET_o değerimiz TAGEM-DSİ (2017) ye göre 454 mm daha yüksektir. TAGEM-DSİ (2017)’ye göre %39.30 kadar daha yüksek çıkmasının nedeni

ise hem ET_o hesaplamalarında kullanılan yöntem farklılığı hem de dikkate alınan istasyonlar ve veri aralığı farklılığı ile açıklanabilir.

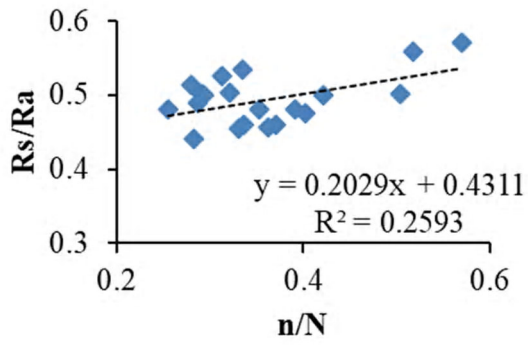
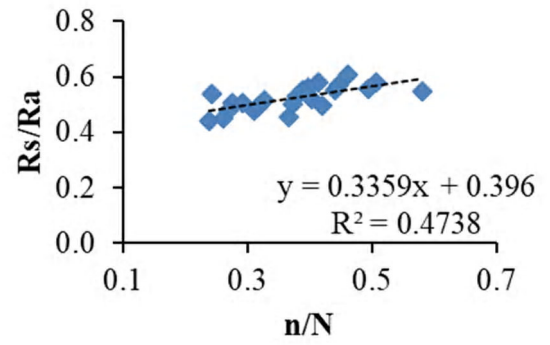
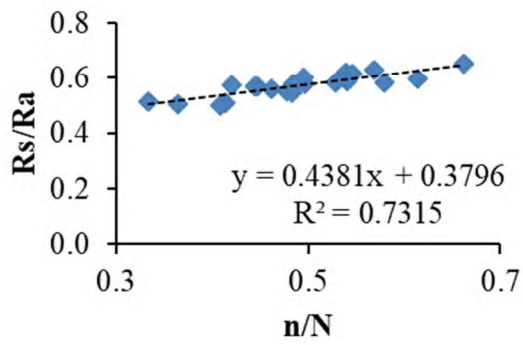
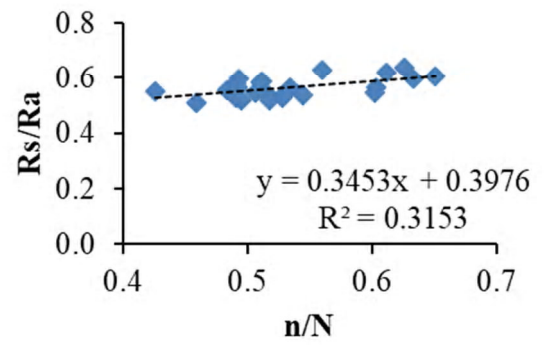
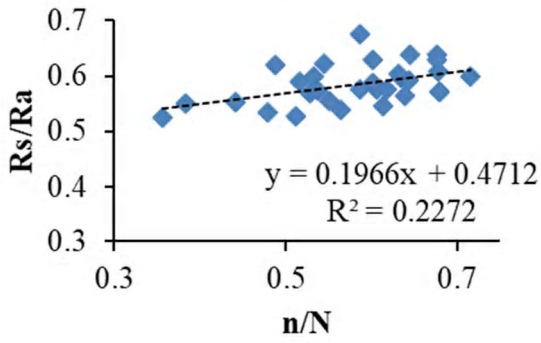
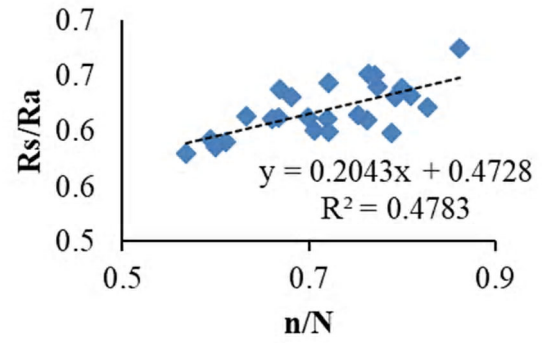
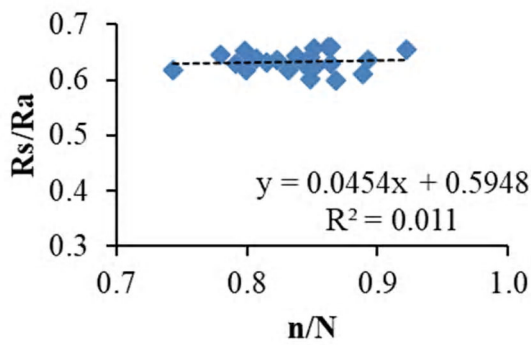
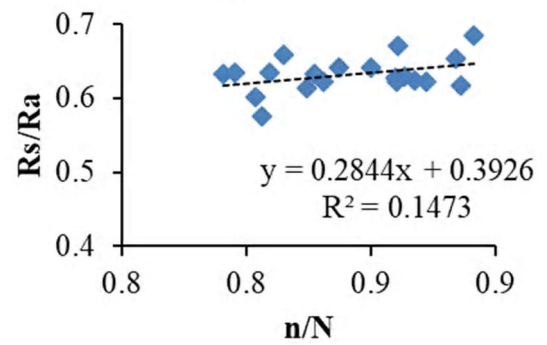


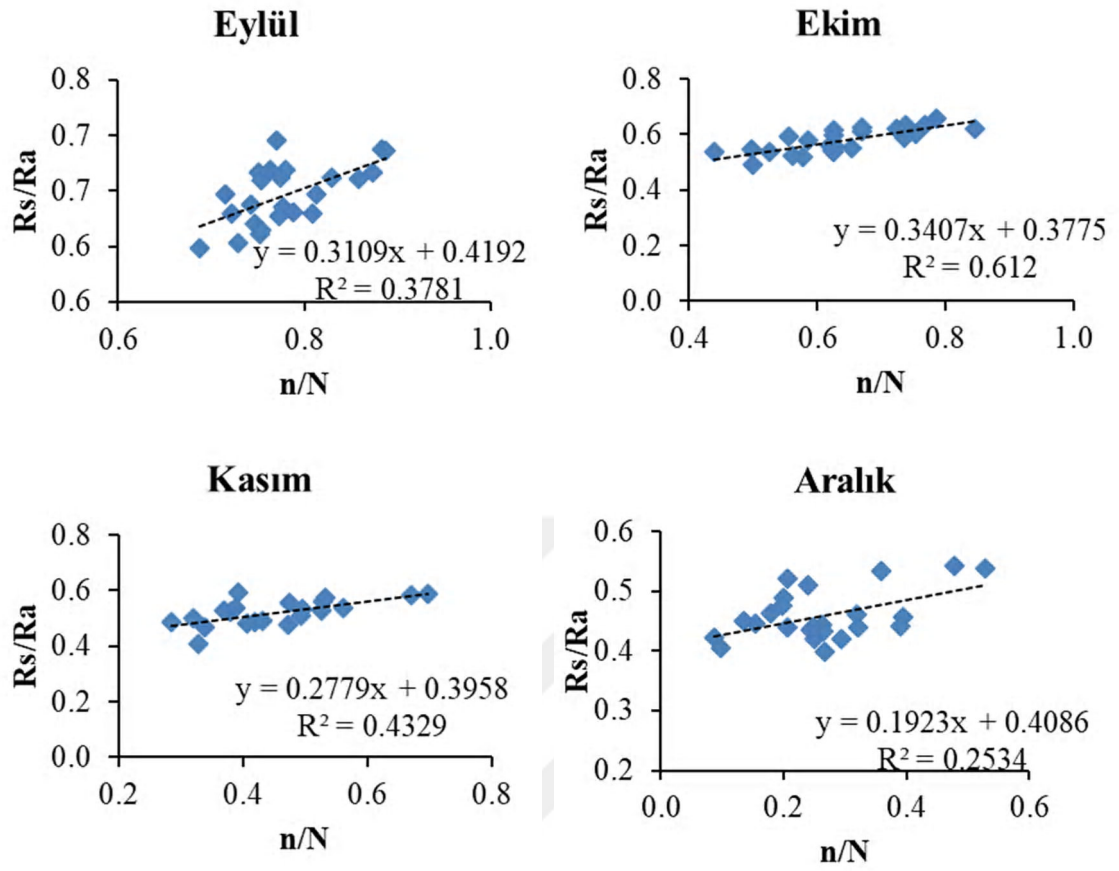
Şekil 3.19. %95, %50 ve %5 ihtimalleri için Niğde'nin aylık referans evapotranspirasyon değişimi

Niğde' de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12. aylarda %50 olasılıkla 60.6, 67.6 115.4, 145.7, 176.8, 186.4, 225.6, 208.2, 157.1, 126.7, 81.4, 61.8 mm referans evapotranspirasyon gerçekleşmiştir (Şekil 3.19). ET_o 'ın en yüksek meydana geldiği temmuz ayında %95 ve %5 ihtimalle ET_o 195-242 mm arasında ve en düşük ocak ayında ise 32-77 mm arasında değişim sergilemiştir

3.2.12. Karaman

Karaman' da 1951 yılından beri meteorolojik gözlemler yapılmaktadır. Ancak Angstrom katsayılarının hesaplanabilmesi için gerekli tam veri seti 1984'ün 8.ayı ile 2015'in 12.ayları ve 2017 yılı arasında 33yıllık bir dönem için bulunmaktadır. Bu veri aralığı için aylara göre Angstrom katsayılarına ilişkin grafikler Şekil 3.20'de gösterilmiş ve Angstrom katsayıları ise Tablo 3.1'de sunulmuştur. Söz konusu grafiklerde nispi güneşlenme ile nispi radyasyon arasındaki doğrusal ilişkinin x eksenini kesişimi a_s katsayısını ve ilişkinin eğimi ise b_s katsayısını vermektedir

Ocak**Şubat****Mart****Nisan****Mayıs****Haziran****Temmuz****Ağustos**



Şekil 3.20. Karaman ilinin aylara göre Angstrom katsayıları

Angstrom katsayılarının belirlenebilmesi için 33 yıllık tam veri seti bulunmasına karşılık güneşlenme süreleri (n) 1951-2018 arasında arada birkaç yıl eksik değerlerle birlikte yaklaşık 67 yıl kaydedilmiştir. Karaman için belirlenen Angstrom katsayıları ile bu 67 yıllık dönem boyunca referans evapotranspirasyon (ET_0) hesaplanmıştır. Bu dönem için aylara göre frekans analizi sonuçları Tablo 3.24 'de ve frekans eşitlikleri ise Tablo 3.25'de verilmiştir. Aylık referans evapotranspirasyonun %5, %50 ve %95 ihtimalle değişimleri Şekil 3.20'de gösterilmiştir.

Tablo 3.24.Karaman ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort
95	0.13	0.52	1.61	2.46	2.91	3.59	3.74	3.31	2.53	1.29	0.52	0.28	1.91
75	1.01	1.51	2.79	3.78	4.34	5.16	5.53	5.09	4.10	2.67	1.60	1.29	3.24
50	1.46	2.02	3.39	4.45	5.06	5.97	6.44	6.00	4.90	3.37	2.16	1.80	3.92
25	1.81	2.41	3.86	4.98	5.64	6.60	7.16	6.72	5.53	3.93	2.59	2.20	4.45
10	2.07	2.70	4.21	5.37	6.06	7.06	7.68	7.24	6.00	4.33	2.91	2.50	4.84
5	2.20	2.85	4.39	5.57	6.27	7.30	7.96	7.52	6.24	4.54	3.08	2.65	5.05

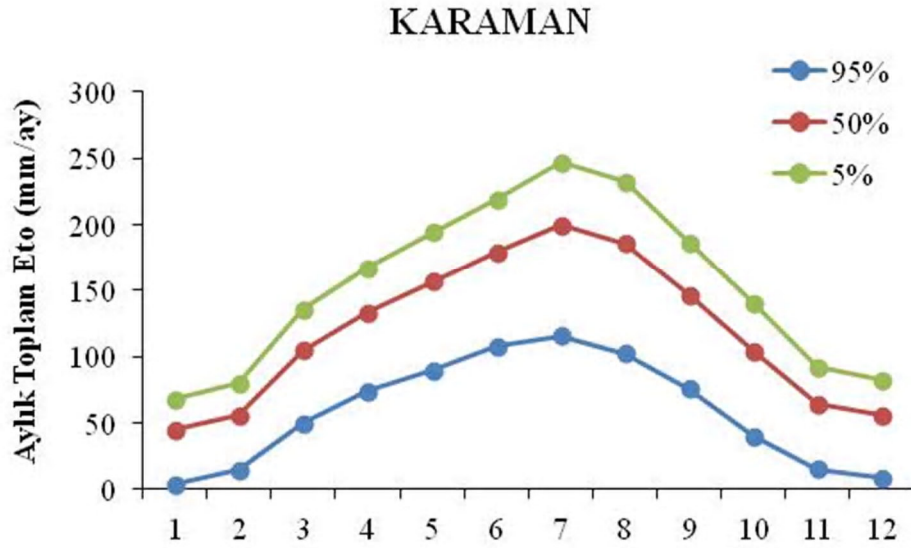
Tablo 3.25.Aylara göre Karaman ilinin referans evapotranspirasyonun frekans analizi eşitlikleri

Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
1	$ET_0=1.1714 \times W + 2.0683$	7	$ET_0=2.3871 \times W + 7.6848$
2	$ET_0=1.3198 \times W + 2.7038$	8	$ET_0=2.3731 \times W + 7.2430$
3	$ET_0=1.5737 \times W + 4.2111$	9	$ET_0=2.0958 \times W + 5.9962$
4	$ET_0=1.7591 \times W + 5.3679$	10	$ET_0=1.842 \times W + 4.33160$
5	$ET_0=1.9042 \times W + 6.0552$	11	$ET_0=1.4500 \times W + 2.9128$
6	$ET_0=2.1012 \times W + 7.0624$	12	$ET_0=1.3420 \times W + 2.5004$

Tekrarlanma olasılığı %5 için $W=0.114$, %10 için $W=0.000$, %25 için $W=-0.220$, %50 için $W=-0.521$, %75 için $W=-0.903$, ve %95 için $W=-1.652$

%50 olasılıkta görülen ET_0 değerleri ortalama ET_0 değerleri ile hemen hemen birbirlerine eşit çıkmaktadır. Ortalama ET_0 veya %50 olasılıkla görülen ET_0 değerleri incelendiğinde en yüksek ET_0 6.44 mm ile temmuz ayında görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_0 3.74-7.96 mm arasında değişim göstermiştir. Ortalama en düşük ET_0 değeri Ocak ayında 1.46 mm görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_0 0.13-2.20 mm arasında değişmiştir.

Karaman'da 1951-2018 arası ortalama olarak yıllık toplam referans evapotranspirasyon 1430 mm hesaplanmıştır. TAGEM ve DSİ (2017) tarafından ASCE Standardize Penman-Monteith eşitliğine göre Karaman'ın yıllık toplam ET_0 değeri 1142 mm tahmin edilmiştir. Yıllık toplam ET_0 değerimiz TAGEM-DSİ (2017) ye göre 288 mm daha yüksektir. TAGEM-DSİ (2017)'ye göre %25.21 kadar daha yüksek çıkmasının nedeni ise hem ET_0 hesaplamalarında kullanılan yöntem farklılığı hem de dikkate alınan istasyonlar ve veri aralığı farklılığı ile açıklanabilir.



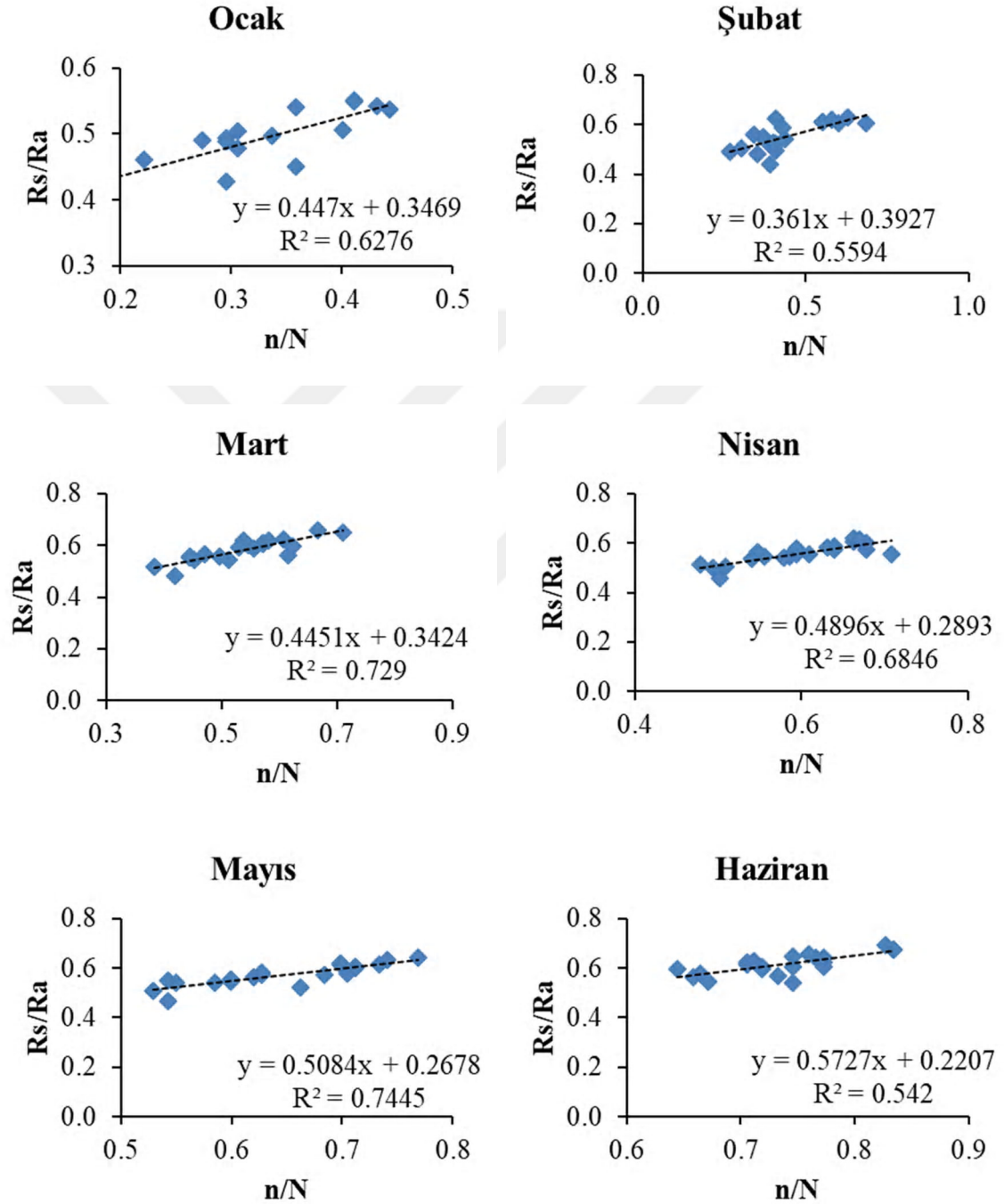
Şekil 3.21. %95, %50 ve %5 ihtimalleri için Karaman'ın aylık referans evapotranspirasyon değişimi

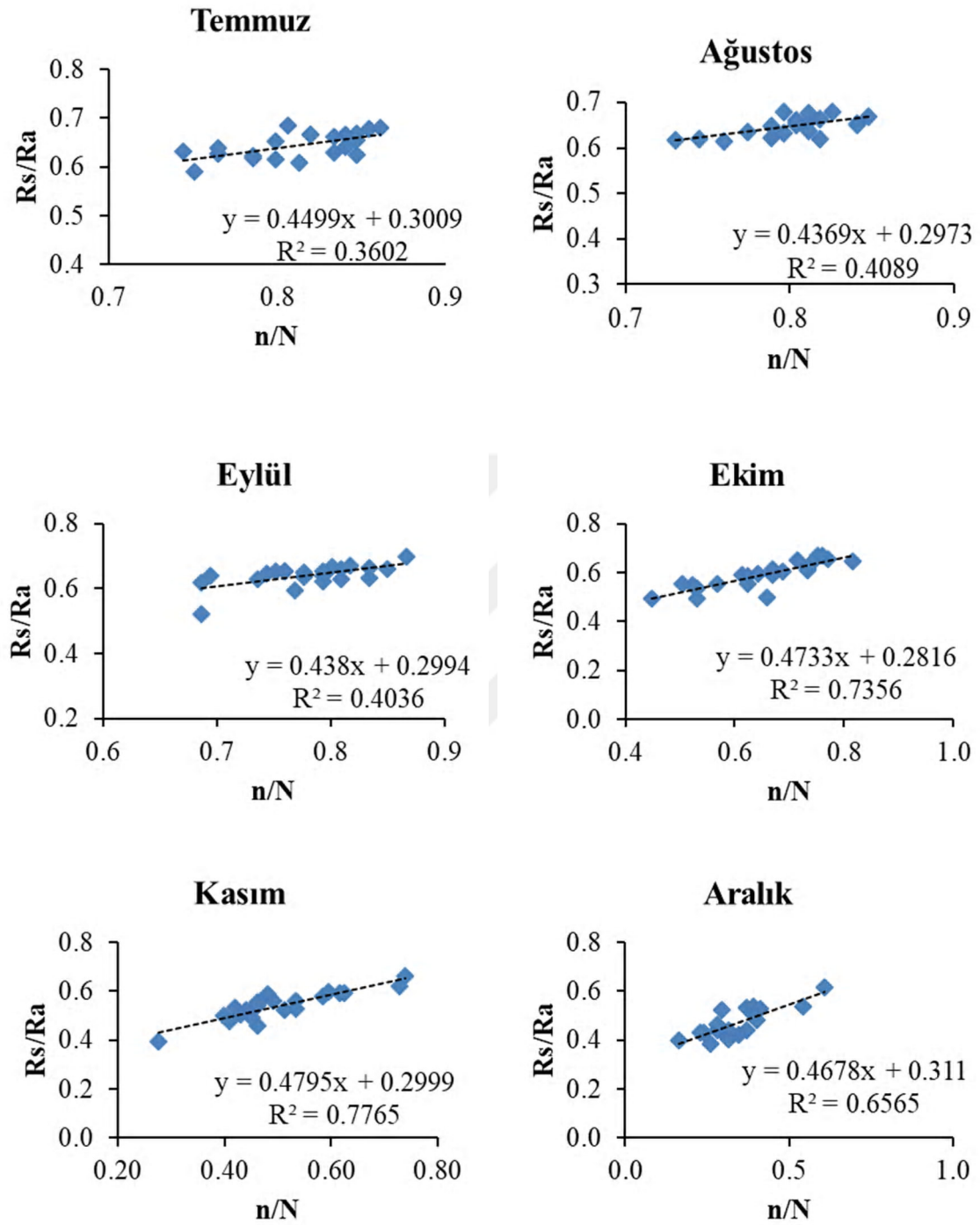
Karaman'da 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12. aylarda %50 olasılıkla sırasıyla 45.2, 56.4, 105.1, 133.5, 156.9, 179, 199.6, 186, 147.1, 104.5, 64.7, 55.8, mm referans evapotranspirasyon gerçekleşmiştir (Şekil 3.21). ET_0 'ın en yüksek meydana geldiği temmuz ayında %95 ve %5 ihtimalle ET_0 116-247 mm arasında ve en düşük ocak ayında ise 4-68 mm arasında değişim sergilemiştir. Ünlükara vd. (2011) tarafından Karaman'da en yüksek ET_0 temmuz ayında 199.6 mm ve en düşük ocak ayında 45.2 mm hesaplanmıştır.

3.2.13. Konya

Konya'da 1929 yılından beri meteorolojik gözlemler yapılmaktadır. Ancak Angstrom katsayılarının hesaplanabilmesi için gerekli tam veri seti 1975-2007 yılları arasında yaklaşık 32 yıllık bir dönem için bulunmaktadır. Bu veri aralığı için aylara göre Angstrom katsayılarına ilişkin grafikler Şekil 3.22'de gösterilmiş ve Angstrom katsayıları ise Tablo 3.1'de sunulmuştur. Söz konusu grafiklerde nispi güneşlenme ile nispi radyasyon arasındaki doğrusal ilişkinin x eksenini kesişimi a_s katsayısını ve ilişkinin eğimi ise b_s katsayısını vermektedir. Şekil 3.22'de hesaplanan Angstrom katsayıları ile kontrol yapılmış ve aylara göre ET_0 değerleri ölçülmüş R_s ile hesaplanan ET_0 değerlerinden daha düşük çıkmıştır. Nispi güneşlenme süresine karşılık yer yüzeyine ulaşan nispi güneş radyasyonu grafiğinde büyük bir varyasyon olması sonucunda Konya

için bulunan Angstrom katsayılarının yeterince hassas olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu nedenle Konya merkez için FAO-56 tarafından önerilen $a_s = 0.25$ ve $b_s = 0.50$ katsayıları kullanılmalıdır.





Şekil 3.22. Konya ilinin aylara göre Angstrom katsayıları

Angstrom katsayılarının belirlenebilmesi için 32 yıllık tam veri seti bulunmasına karşılık güneşlenme süreleri (n) 1975-2007 arasında arada birkaç yıl eksik değerlerle birlikte yaklaşık 32 yıl kaydedilmiştir. Konya için belirlenen Angstrom katsayıları ile bu 32 yıllık dönem boyunca referans evapotranspirasyon (ET_o) hesaplanmıştır. Bu dönem

için aylara göre frekans analizi sonuçları Tablo 3.26’da ve frekans eşitlikleri ise Tablo 3.27’de verilmiştir. Aylık referans evapotranspirasyonun %5, %50 ve %95 ihtimalle değişimleri Şekil 3.22’de gösterilmiştir.

Tablo 3.26. Konya ilinin aylara göre referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort.
95	0.56	0.96	1.93	3.14	3.84	4.92	5.53	5.14	3.91	2.40	1.22	0.67	2.85
75	1.02	1.56	2.59	3.78	4.45	5.41	5.99	5.51	4.24	2.83	1.72	1.15	3.35
50	1.26	1.86	2.93	4.12	4.77	5.65	6.22	5.69	4.41	3.04	1.97	1.39	3.61
25	1.44	2.10	3.20	4.38	5.02	5.85	6.40	5.84	4.55	3.21	2.17	1.58	3.81
10	1.58	2.27	3.39	4.57	5.20	5.99	6.53	5.95	4.65	3.34	2.32	1.72	3.96
5	1.65	2.36	3.50	4.67	5.29	6.07	6.60	6.00	4.70	3.40	2.39	1.79	4.03

Tablo 3.27. Aylara göre Konya ili referans evapotranspirasyon frekans analizi eşitlikleri

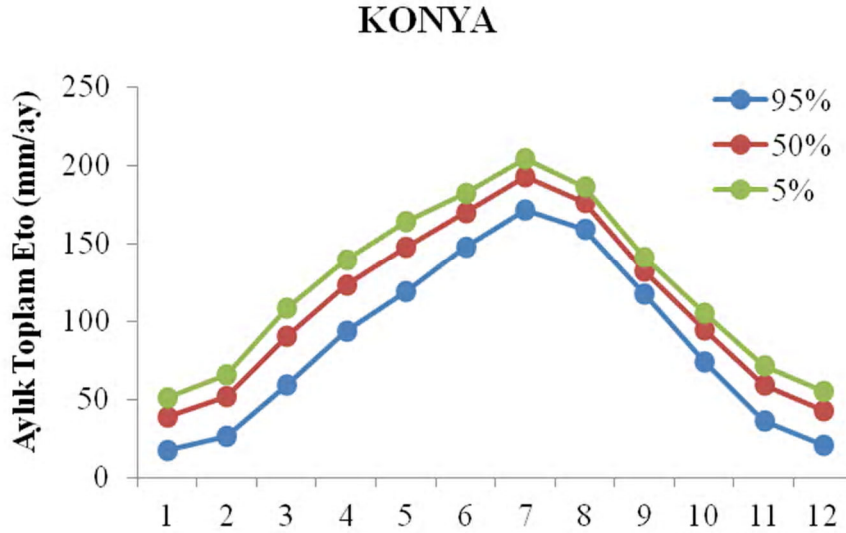
Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
1	$ET_o=0.6184W+1.57820$	7	$ET_o=0.6027W+6.52970$
2	$ET_o=0.7929 \times W+2.2727$	8	$ET_o=0.4852 \times W+5.9454$
3	$ET_o=0.8884 \times W+3.3944$	9	$ET_o=0.4465 \times W+4.6467$
4	$ET_o=0.8656 \times W+4.5668$	10	$ET_o=0.5650 \times W+3.3840$
5	$ET_o=0.8243 \times W+5.1988$	11	$ET_o=0.6635 \times W+2.3176$
6	$ET_o=0.6994 \times W+5.9924$	12	$ET_o=0.6350 \times W+1.7187$

Tekrarlanma olasılığı %5 için $W=0.114$, %10 için $W=0.000$, %25 için $W=-0.220$, %50 için $W=-0.521$, %75 için $W=-0.903$, ve %95 için $W=-1.652$

%50 olasılıkta görülen ET_o değerleri ortalama ET_o değerleri ile hemen hemen birbirlerine eşit çıkmaktadır. Ortalama ET_o veya %50 olasılıkla görülen ET_o değerleri incelendiğinde en yüksek ET_o 6.22 mm ile temmuz ayında görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_o 5.53-6.60 mm arasında değişim göstermiştir. Ortalama en düşük ET_o değeri ocak ayında 1.26 mm görülmüş olup %95 ve %5 olasılıkla bu ayda ET_o 0.56-1.65 mm arasında değişmiştir. Ünlükara vd. (2011) tarafından Konya ve Karaman illerinde bitki su tüketimi değişimi incelenmiş ve Konya’da en yüksek ET_o temmuz ayında 6.40 mm ve en düşük ET_o ocak ayında 1.26 mm bulunmuştur.

Konya’da 1975-2007 arası ortalama olarak yıllık toplam referans evapotranspirasyon 1317 mm hesaplanmıştır. TAGEM ve DSİ (2017) tarafından ASCE Standardize Penman-Monteith eşitliğine göre Konya’nın yıllık toplam ET_o değeri 1077 mm tahmin edilmiştir. Yıllık toplam ET_o değerimiz TAGEM-DSİ (2017) ye göre 240 mm daha

yüksektir. TAGEM-DSİ (2017)'ye göre %22.28 kadar daha yüksek çıkmasının nedeni ise hem ET_o hesaplamalarında kullanılan yöntem farklılığı hem de dikkate alınan istasyonlar ve veri aralığı farklılığı ile açıklanabilir.



Şekil 3.23. %95, %50 ve %5 ihtimalleri için Konya'nın aylık referans evapotranspirasyon değişimi

Konya' da 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12. aylarda %50 olasılıkla sırasıyla 38.9, 52.1, 90.9, 123.5, 147.8, 169.6, 192.7, 176.6, 132.4, 94.4, 59.1, 43 mm referans evapotranspirasyon gerçekleşmiştir (Şekil 3.23). ET_o 'ın en yüksek meydana geldiği temmuz ayında %95 ve %5 ihtimalle ET_o 171.6-204.6 mm arasında ve en düşük ocak ayında ise 17.3-51.1 mm arasında değişim sergilemiştir. Ünlükara vd. (2011) tarafından Konya için en yüksek ET_o 'ın temmuz ayında 249.6 mm ve en düşük ocak ayında 48.5 mm hesaplanmıştır. Ünlükara vd. (2011) tarafından temmuz ayı ET_o değeri 44.7 mm daha yüksek tahmin edilmiştir.

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuç ve Öneriler

İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan Kayseri, Ankara, Kırıkkale, Kırşehir, Aksaray, Yozgat, Sivas, Niğde ve Karaman illeri için aylara göre Angstrom katsayıları saptanmıştır. Konya, Çankırı ve Eskişehir illerinde yeterli radyasyon verisi olmaması veya verilerdeki sorunlar nedeniyle ve Nevşehir ilinde hiç radyasyon verisi olmaması nedeniyle Angstrom katsayıları hesaplanamamıştır. Hesaplama yapılamayan bu iller için FAO 56 tarafından önerilen $a_s = 0.25$ ve $b_s = 0.50$ katsayıları kullanılarak ET_o hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Yıllık bazda illere göre ortalama a_s ve b_s katsayıları toplamı Kayseri için 0.6914, Ankara için 0.6887, Kırıkkale için 0.6913, Kırşehir için 0.7065, Aksaray için 0.6814, Yozgat için 0.6639, Sivas için 0.6656, Niğde için 0.8184 ve Karaman için 0.6912 bulunmuştur. Bu toplam Niğde dışında FAO 56 tarafından önerilen katsayıların toplamı olan 0.75 değerinden biraz düşük bulunmuştur. Niğde ilinde ise bu toplam daha yüksek çıkmıştır.

Yıllık toplamlar bakımından ortalama olarak en düşük ET_o değerine 1004 mm ile Sivas ili ve en yüksek 1609 mm ile Niğde ili sahip olmuştur. Çankırı' da 1133 mm, Yozgat'ta 1154 mm, Kayseri'de 1239 mm, Kırıkkale'de 1302 mm, Konya'da 1391 mm, Nevşehir'de 1419 mm, Aksaray'da 1429 mm, Karaman'da 1430 mm ve Kırşehir'de 1440 mm bulunmuştur.

Bu çalışmada hesaplanan yıllık toplam ET_o değerleri, tüm iller için TAGEM-DSİ (2017) tarafından Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri adlı çalışmada verilen ET_o değerlerinden daha yüksek tahmin edilmiştir. Her iki ET_o tahminleri arasındaki fark Sivas'ta %14.5, Çankırı'da %20, Kırıkkale'de %21.1, Aksaray'da 21.4, Konya'da %22.3, Karaman'da 25.2, Kayseri'de %25.5, Yozgat'ta %26.1, Kırşehir'de

%29.3, Eskişehir'de %38.7, Niğde'de %39.3 ve Nevşehir'de %35.4, Ankara'da %39.8 oranında daha yüksek çıkmıştır.



KAYNAKLAR

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration. guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome.
- Allen, R.G., Walter, I.A., Elliott, R.L., Howell, T.A., Itenfisu, D., Jensen, M.E., Snyder, R.L., 2005. Reference Evapotranspiration Equation. The American Society of Civil Engineers. USA.
- Amarkai, P.A., 2019. İklim parametrelerindeki değişimin bitki su tüketimine etkisi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 81 s.
- Angstrom, A., 1924. Solar and terrestrial radiation. **Quarterly Journal of Royal Meteorological Society**, **50**: 121-126.
- Atalay, İ., 2010. Uygulamalı klimatoloji. Dokuz Eylül Üniversitesi, Meta Basın Matbaacılık Hizmetleri, Bornova- İzmir, 600 s.
- Fernandes, R.D.M., Jose, J.V., Wolff, W., Oliveira Costa, J., Folegatti, M.V., 2019. Probability Distribution Functions Applied in The Water Requirement Estimates in Irrigation Projects. Rev. **Caatinga, Mossoro**, **32** (1): 189-199.
- Gana, N.N., Akpootu, D.O., 2013. Angstrom Type Empirical Correlation for Estimation Global Solar Radiation in North-Eastern Nigeria. **The International Journal of Engineering and Science**, **2** (11): 58-78.
- Hargreaves, G.H., Merkle, G.P., 2004. Irrigation Fundamentals. Water Resources Publications, LLC. Utah, USA, 182 pp.
- James, L.G., 1988. Principles of Farm Irrigation System Design. John Wiley & Sons Inc., Singapore, 512 pp.
- Jeong, H., Bhattarai, R., Hwang, S., Son, J-G., Jang, T., 2018. How Angstrom-Prescott Coefficients Alter the Estimation of Agricultural Water Demand in South Korea. *Water*, **10**: 1-16.
- Jerszurki, D., Souza, J.L.M., Evangelista, A.W.P., 2015. Probabilidade e variação temporal da evapotranspiração de referencianaregiao de Telemaco Borba-PR. Rev.Bras.Biom., **Sao Paulo**, **33** (2): 118-129.
- Li, H., Ma, W., Lian, Y., Wang, X., Zhao, L., 2011. Global solar radiation estimation with sunshine duration in Tibet, China. **Renewable Energy**, **36**: 3141-3145.
- Liu, X., Mei, X., Li, Y., Zhang, Y., Wang, Q., Jensen, J.R., Porter, J.R., 2009. Calibration of the Angström-Prescott coefficients (a, b) under different time scales

and their impacts in estimating global solar radiation in the Yellow River basin. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149: 697-710.

Paulescu, M., Stefu, N., Calinoiu, D., Paulescu, E., Pop, N., Boata, R., Mares, O., 2016.

Angstrom-Prescott equation: Physical basis, empirical models and sensitivity analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62 :495-506.

Prescott, J.A., 1940. Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. **Trans Roy Soc Sci, Aust**, **64**: 25-114.

Rahimi, I., Bakhtiari, B., Qaderi, K., Aghababaie, M., 2012. Calibration of Angstrom equation for estimating Solar Radiation using Meta-Heuristic Harmony Search Algorithm (Case study: Mashhad-East of Iran). **Energy Procedia**, **18**: 644-651.

Sen Z., 2001. Angstrom equation parameter estimation by unrestricted method. **Solar Energy**, **71**: 95-107.

Supit, I., Van Kappel, R.R., 1998. A Simple Method to Estimate Global Radiation. **Solar Energy**, **63**(3): 147-160.

Şen, Z., Tan, E., 2001. Simple models of solar radiation data for Northwestern part of Turkey. **Energy Conversion and Management**, **42**: 587-598.

Silva, F.C., Fietz, C.R., Folegatti, M.V., Carvalho Pereira, F.A., 1998. Distribution and Frequency of Reference Evapotranspiration of Cruz Das Almas, **BA. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, **2** (3): 284-286.

Suehrcke, H., 2000. On the relationship between duration of sunshine and solar radiation on the earth's surface: Angstrom's equation revisited. **Solar Energy**, **68**: 417-425.

Şimşek, H., Yürekli, K., Ünlükara, A., 2014. Konya-Merkez'de Referans Bitki Su Tüketimindeki Değişimin Belirlenmesi. Uluslararası Katılımlı Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, 16-18 Eylül, Konya, 90-95.

Tadros, M.T.Y., 2000. Uses of sunshine duration to estimate the global solar radiation over eight meteorological stations in Egypt. **Renewable Energy**, **21**: 231-246.

- Ünlükara, A., 2014. Referans evapotranspirasyon hesaplamalarında solar radyasyon yoğunluğu ve nispi güneşlenme verilerinin kullanımı. 12. Ulusal Kültürteknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs Tekirdağ, 84-89.
- Ünlükara, A., Yürekli K., 2014. Orta Anadolu Bölgesinde referans bitki su tüketimi trend analizi. Uluslararası katılımlı kuraklık ve çölleşme sempozyumu, 16-18 Eylül, Konya, 96-102.
- Ünlükara, A., Yürekli K., Aküzüm, T., Örs, İ., Safi, S., 2011. Konya ve Karaman İllerinde Bitki Su Tüketimi Değişiminin Analizi. **Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi**, 4 (1): 1-5.
- Yin, Y., Wu, S., Zheng, D., Yang, Q., 2008. Radiation calibration of FAO56 Penman-Monteith model to estimate reference crop evapotranspiration in China. **Agricultural Water Management**, 95: 77-84.
- Yürekli, K., Ünlükara, A., Safi, S., 2010. Kayseri İlinde Mevsimsel Bitki Su Tüketimindeki (ET_o) Değişimin Saptanması. **Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi**. 3 (2). 21-25.
- Yürekli, K., Ünlükara, A., 2013a. Küresel Isınmanın Kuraklığa Etkilerinin Değerlendirilmesinde SPI ve SPEI İndislerinin Karşılaştırılması. 3. Uluslararası Bursa Su Kongresi. 22- 24 Mart. Bursa-Türkiye. 225-233.
- Yürekli, K., Ünlükara, A., 2013b. Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI) ile Tokat İlinin Kuraklık Analizi. III. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi. 22- 24 Ekim Tokat. 511-515.
- Yürekli, K., Ünlükara, A., Öztürk, Ö., Cebeci, İ., Sarısamur, F., 2013. Küresel Isınmanın Kuraklığa Etkilerinin Belirlenmesinde RDI (Reconnaissance) İndisi Kullanımı. III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi (TİKDEK), 3-5 Haziran, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı.Soyadı : Ümmügülsüm ŞİMŞEK
Uyruğu : Türkiye (TC)
DoğumTarihi ve Yeri: 29 TEMMUZ 1992. KAYSERİ
E-mail : gulsum_92_eflt@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Kurum	MezuniyetTarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü. Kayseri	2019
Lisans	Erciyes Üni..Ziraat Fak..Biyosistem Müh.. Kayseri	2016
Lise	Behice Yazgan Kız Lisesi	2012

YABANCI DİL

İngilizce