



**AYLIK AKARSU AKIMLARININ ZAMAN SERİSİ
ANALİZİ VE SAKARYA HAVZASI
KIZILCAHAMAM DERESİ MANDIRA
İSTASYONU ÖRNEĞİ**

Rıdvan KATIRCILAR

**2021
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA**

**AYLIK AKARSU AKIMLARININ ZAMAN SERİSİ ANALİZİ VE SAKARYA
HAVZASI KIZILCAHAMAM DERESİ MANDIRA İSTASYONU ÖRNEĞİ**

Rıdvan KATIRCILAR

**Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
MAYIS 2021**

Rıdvan KATIRCILAR tarafından hazırlanan “AYLIK AKARSU AKIMLARININ ZAMAN SERİSİ ANALİZİ VE SAKARYA HAVZASI KIZILCAHAMAM DERESİ MANDIRA İSTASYONU ÖRNEĞİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA

.....

Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 20/05/2021

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Tuğçe ANILAN (KTÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA (KBÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

.....

Lisansüstü Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Rıdvan KATIRCILAR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AYLIK AKARSU AKIMLARININ ZAMAN SERİSİ ANALİZİ VE SAKARYA HAVZASI KIZILCAHAMAM DERESİ MANDIRA İSTASYONU ÖRNEĞİ

Rıdvan KATIRCILAR

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA

MAYIS 2021, 72 sayfa

Su kaynakları çalışmalarının temel bileşeni olan akım ve gelecekteki değerlerinin tahmini pekçok çalışmanın en önemli bileşenidir. Rasyonel ve olasılıkçı yaklaşımlarla yapılan çalışmalara ek olarak zaman serisi modellemeleri ile tahmini de literatürde önemli bir yere sahiptir. Böylece akış değerlerinin meyl çalışmaları ve mevsimselliği de göz önüne alınmaktadır.

Bu çalışmada, Sakarya havzası Kızılcahamam Deresi – Mandıra istasyonuna ait 1970-1999 yılları arasındaki aylık akım, toplam yağış, maksimum yağış, sıcaklık, buharlaşma, nispi nem verileri kullanılarak aylık akım verisinin zaman serisi yöntemleri ile tahmini yapılmıştır. 1970-1998 yılları arasındaki veriler Python yazılımına tanıtılmış ve zaman serileri yöntemlerinden Otoregresyon (AR), ortalama hata (MA), otoregresif hareketli ortalama (ARMA), otoregresif entegre hareketli ortalama (ARIMA), mevsimsel otoregresif entegre hareketli ortalama (SARIMA)

kullanılmış ve en iyi sonuç veren yöntem belirlenmiştir. Daha sonra en iyi sonuç veren yöntem kullanılarak, dışsal etken faktörleri olan toplam yağış, en çok yağış, sıcaklık, buharlaşma, nispi nem verileri ilk olarak birer birer eklenmiş ve en iyi sonuç ortaya konmuştur. Ardından iki, üç, dört dışsal etken faktörü ile ayrı ayrı işlem yapılmış ve en iyi sonuç veren dışsal etkenler belirlenerek sonuçları paylaşılmıştır. Bu çalışmalarda kıyaslama yapabilmek için 1999 verisi modellerle tahmin edilmiş ve ölçülmüş 1999 yılı verisi ile hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK) baz alınarak karşılaştırılmıştır.

Zaman serisi analizinde geçmişte yapılan çalışmalardan farklı olarak yapılan bu çalışmada dışsal etkenler eklenmiş ve böylece tahminlerin gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Dışsal etken sayısı artırıldığında tahminlerin genel trende daha yakın olduğu ve HKOK miktarının düştüğü görülmüştür.

Çalışma sonucunda AR modelinin trende göre başında biraz zıtlık görülsede sonrasında uyduğu görülmüş ve HKOK miktarının diğer modellere göre en düşük çıktığı gözlenmiştir. MA modeli ile elde edilen tahminlerin verinin trendine uygun olmadığı görülmüş ve kendi başına kullanılmasının uygun olmadığı anlaşılmıştır.

Dışsal etkenlerle yapılan modellemeler sonucunda en iyi ikili; toplam yağış ve en çok yağıştır. En iyi üçlü; toplam yağış, en çok yağış, nem olarak belirlenmiş ve en iyi dördü olarak ise; toplam yağış, en çok yağış, buharlaşma ve nem olduğu görülmüştür. Dışsal etkenlerin tamamı ile model kurulduğunda ise en düşük HKOK görülmüş ve genel trende yakın olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Sözcükler : Zaman Serileri, AR, MA, ARMA, ARIMA, SARIMA, Sakarya Havzası, Akım Tahmini, Kızılcahamam Deresi

Bilim Kodu : 91120

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

MONTHLY TIME SERIES ANALYSIS OF STREAM FLOWS AND EXAMPLE OF SAKARYA BASIN KIZILCAHAMAM STREAM MANDIRA STATION

Rıdvan KATIRCILAR

**Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Civil Engineering**

Thesis Advisor:

Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA

May 2021, 72 pages

Estimation of flow and its future values, which is the main constituent of water resources studies, is the most important constituent of many studies. In addition to studies with rational and probabilistic approaches, estimation with time series modelling has an important place in the literature. Thus, the inclination studies and seasonality of the flow values are also taken into consideration.

In this study, monthly flow has been estimated with the help of time series methods, using datas which is monthly flow, total precipitation, maximum precipitation, temperature, evaporation and relative humidity of Sakarya basin Kızılcahamam stream - Mandıra station between 1970 and 1999. The data between 1970 and 1998 have been defined to Python software. The time series methods such as autoregression (AR), moving average (MA), autoregressive moving average

(ARMA), autoregressive integrated moving average (ARIMA), seasonal autoregressive integrated moving average (SARIMA) have been used. So, the method that gives best result has been determined. Then, using the method that gives the best results, the exogenouses such as total precipitation, mostly precipitation, temperature, evaporation, relative humidity have been added one by one first and the best result has been presented. In these studies, in order to make a comparison, the data in 1999 was estimated and measured by models, and has been compared with the actual data in 1999 by basing on the root mean square error (RMSE).

In the time series analysis, in this study, which was different from previous studies, exogenouses were added and thus it has been determined that the predictions gave results closer to the truth. It has been observed that when the number of exogenous was increased, the estimates were closer to the general trend and the amount of RMSE decreased.

As a result of the study, it has been observed that although there was a slight contrast at the beginning of the AR model compared to the trend, afterwards it fitted and the amount of RMSE was the lowest compared to other models. It has been seen that the estimates obtained by the MA model were not fit to the trend of the data and it has been found that it was not appropriate to be used on their own.

As a result of modelling with exogenouses, the best couple; it is total precipitation and maximum precipitation. The best trio; total precipitation, maximum precipitation, humidity and the best quartet; it has been observed that total precipitation, maximum precipitation, evaporation and humidity. When the model was established with all exogenouses, the lowest RMSE has emerged and it has been observed that it was close to the general trend.

Key Word : Time series, AR, MA, ARMA, ARIMA, SARIMA, Sakarya Basin, Kızılcahamam Stream, Flow prediction

Science Code : 91120

TEŞEKKÜR

Yapılan tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında ve ortaya konmasında ilgi ve desteklerini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller üzerine şekillendiren sayın hocam Dr. Öğretim Üyesi Fatih SAKA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tüm eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi hiçbir yardımı esirgmeden yanımda olan başta babam, annem ve abime tüm kalbimle teşekkür ederim.

Tez süresi boyunca her daim yanımda olan ve beni destekleyen sevgili Zeynep KARADAĞ'a teşekkür ederim.

Çalışmam süresince desteklerinden ötürü arkadaşlarım Çağrı ÇAMYAR, Emre AYDIN ve Mustafa ARSLAN'a teşekkür ederim.

Verilerin temin edilmesinde ve çalışma süresince desteklerinden ötürü İnşaat Mühendisi Hasan Coşkun'a teşekkür ederim.

DSİ 9. Bölge Müdürlüğü'nde görev yapan Meteoroloji Mühendisi Emre ÇALIOVA'ya teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
BÖLÜM 1	17
GİRİŞ	17
BÖLÜM 2	21
LİTERATÜR TARAMASI.....	21
BÖLÜM 3	32
MATERYAL VE METOD	32
3.1. ÇALIŞMA ALANININ ÖZELLİKLERİ.....	32
3.1.1. Coğrafi Durumu.....	32
3.1.2. İklim Durumu	33
3.2. ZAMAN SERİLERİ MODELLEMESİ	33
3.2.1. BOX VE JENKINS MODELLERİNİN TEORİK YAPISI.....	34
3.2.1.1 Doğrusal Durağan Stokastik (Rasgele) Modeller	35
3.2.1.2. Otoregresif (AR) Modeli.....	35
3.2.1.3 Hareketli Ortalama (MA) Modeli	37
3.2.1.4. Otoregresif Hareketli Ortalama (ARMA) Modelleri	39
3.2.1.5. Durağan Olmayan Doğrusal Stokastik (ARIMA) Modelleri.....	40
3.2.1.6. Mevsimsel (SARIMA) Modeller	42

3.3 HATA KARELER ORTALAMASININ KAREKÖKÜ (HKOK)	43
BÖLÜM 4	45
ARAŞTIRMANIN BULGULARI	45
4.1. ÇALIŞMA ALANINDA ZAMAN SERİLERİ YÖNTEMLERİ İLE MODELLEME	45
4.1.1. Temin Edilen Verilerin Aylık Dağılımları	46
4.1.2. Uygulamadaki Değişkenlerin Korelasyonları.....	50
4.1.3. Akım Verisinin AR Yöntemi İle Tahmini	50
4.1.4. Akım Verisinin MA Yöntemi İle Tahmini	51
4.1.5. Akım Verisinin ARMA Yöntemi İle Tahmini.....	52
4.1.6. Akım Verisinin ARIMA Yöntemi İle Tahmini	53
4.1.7. Akım Verisinin SARIMA Yöntemi İle Tahmini	54
4.2. DIŞSAL ETKEN FAKTÖRÜ İLE AKIMIN AR MODELLEMELERİ	55
4.2.1 Toplam Yağış Dışsal Etken Faktörü İle Akımın AR Modeli	55
4.2.2 En Çok Yağış Dışsal Etken Faktörü İle Akımın AR Modeli.....	56
4.2.3 Sıcaklık Dışsal Etken Faktörü İle Akımın AR Modeli.....	57
4.2.4 Buharlaşma Dışsal Etken Faktörü İle Akımın AR Modeli.....	58
4.2.5. Nispi Nem Dışsal Etken Faktörü İle Akımın AR Modeli.....	59
4.3. ÇOKLU DIŞSAL ETKEN FAKTÖRÜ İLE AKIMIN AR MODELLEMESİ	60
4.3.1. AR Yöntemi Kullanılarak İki Adet Dışsal Etken Faktörü İle Yapılan Modelleme	61
4.3.2. AR Yöntemi Kullanılarak Üç Adet Dışsal Etken Faktörü İle Yapılan Modelleme	62
4.3.3. AR Yöntemi Kullanılarak Dört Adet Dışsal Etken Faktörü İle Yapılan Modelleme	62
4.3.4. AR Yöntemi Kullanılarak Beş Adet Dışsal Etken Faktörü İle Yapılan Modelleme	63
4.4 TÜM MODEL SONUÇ BULGULARI	65
BÖLÜM 5	66

	<u>Sayfa</u>
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	66
KAYNAKLAR	68
ÖZGEÇMİŞ	72



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3. 1. Kızılcahamam Deresi (D12A017) Havzası.	32
Şekil 4. 1. Aylık Akım Verisi.....	47
Şekil 4. 2. Aylık Toplam Yağış Verisi.....	47
Şekil 4. 3. Aylık Maksimum Yağış Verisi	48
Şekil 4. 4. Aylık Sıcaklık Verisi.....	48
Şekil 4. 5. Aylık Buharlaşma Verisi	49
Şekil 4. 6. Aylık Nispi Nem Verisi	49
Şekil 4. 7. AR yöntemi kullanılarak yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.	51
Şekil 4. 8. MA yöntemi kullanılarak yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.	52
Şekil 4. 9. ARMA yöntemi kullanılarak yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.	53
Şekil 4. 10. ARIMA yöntemi kullanılarak yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.	54
Şekil 4. 11. SARIMA yöntemi kullanılarak yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.	55
Şekil 4. 12. AR yöntemi ile dışsal etken toplam yağış seçilerek yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.	56
Şekil 4. 13. : AR yöntemi ile dışsal etken en çok yağış seçilerek yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.	57
Şekil 4. 14. AR yöntemi ile dışsal etken sıcaklık seçilerek yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.	58
Şekil 4. 15. AR yöntemi ile dışsal etken buharlaşma seçilerek yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.	59

Şekil 4. 16. AR yöntemi ile dışsal etken nispi nem seçilerek yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.	60
Şekil 4. 17. AR yöntemi ile dışsal etkenler aylık toplam yağış ve en çok yağış seçilerek yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.	61
Şekil 4. 18. AR yöntemi ile dışsal etkenler aylık toplam yağış, en çok yağış ve nem seçilerek yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.	62
Şekil 4. 19. AR yöntemi ile dışsal etkenler aylık toplam yağış, en çok yağış, buharlaşma ve nem seçilerek yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.	63
Şekil 4. 20. AR yöntemi ile dışsal etkenler aylık toplam yağış, en çok yağış, buharlaşma, nem ve sıcaklık seçilerek yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4. 1. Çalışmada kullanılan verilerin korelasyonu.....	50
Çizelge 4. 2. Elde edilen modellerin sonuçları	65



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

p	: Otoregresif model derecesi
q	: Hareketli ortalama model derecesi
d	: Fark alma derecesi
P	: Mevsimsel otoregresif model derecesi
Q	: Mevsimsel hareketli ortalama model derecesi
D	: Mevsimsel fark alma derecesi
$\emptyset$	: Mevsimsel otoregresyon parametresi
θ	: Mevsimsel hareketli ortalama parametresi
s	: Mevsimsel dalgalanmaların dalga uzunluğu
B	: Zaman serilerinin zaman göstergesi
t	: Geriye doğru öteleme operatörü
a_t	: Normal dağılmış hata değişkeni
w_t	: Farkı alınmış seri
∇	: Fark operatörü
$\emptyset_p(B^s)$	: p derecesinden B 'nin polinomu
$\emptyset_q(B^s)$	: q derecesinden B 'nin polinomu
∇_s^D	: Mevsimsel fark alma operatörü
∇^d	: d . dereceden fark alma operatörü
n	: Mevcut bağımlı değişken
$\hat{Y}_i$	: Tahmin edilen değer
Y_i	: Gerçek değer

KISALTMALAR

DSİ	: Devlet Su İşleri
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
EİEİ	: Elektrik İşleri Etüt Dairesi
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
GAP	: Güneydoğu Anadolu Projesi
AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
AR	: Autoregression (Oto regresyon)
MA	: Moving Average (Hareketli Ortalama)
ARMA	: Autoregressive Moving Average (Oto regresif Hareketli Ortalama)
ARIMA	: Autoregressive Integrated Moving Average (Oto regresif Entegre Hareketli Ortalama)
SARIMA	: Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (Mevsimsel Oto regresif Entegre Hareketli Ortalama)
BJ	: Box-Jenkins
HKOK	: Hata Kareler Ortalamasının Karekökü

BÖLÜM 1

GİRİŞ

İnsanoğlunun varlığını devam ettirebilmesi için en önemli unsurların başında su yer almaktadır. Suyun bulunmadığı yerlerde hayat olmadığından dolayı insanoğlu her daim suyu takip etmiş ve suyun bulunduğu yerlerde medeniyetlerini kurmuşlardır. Bununla birlikte elinde bulunan su kaynaklarını muhafaza etmek ve kullanılabilir durumda kalması için depolar inşa etmişlerdir.

Günümüz koşullarında ise hızla yükselen nüfus, artmakta olan sanayi tesisleri vb. etkenler suya olan talebin devamlı olarak artmasının en önemli sebeplerindendir. Suyu olan talebi giderebilmek için suyun fazla bulunduğu yerlerden daha kısıtlı bulunduğu yerlere iletilmekte ya da eski dönemlerde ve günümüzde de hala kullanımı devam eden su depoları inşa edilmektedir. Uzun yıllar boyunca su miktarındaki değişimlerin değerlendirilmesi ile biriken suyun ve ilerideki dönemlerde biriktirilecek olan suyun daha özenle kullanılmasına katkıda bulunmaktadır[1].

Dörtte üçünün su olduğu bilinen dünyamızdaki toplam suyun yalnızca %3'ü tatlı sulardan meydana gelmektedir. Mevcuttaki %3'lük tatlı su miktarının %68,5'lük kısmı kutup alanlarında ve yüksek dağlık kesimlerdeki buzullardadır. Bugünkü koşullarda hatalı kullanım ve su kirliliği sebebiyle 1,3 milyar kişi su problemi yaşamaktadır ve sağlıklı, içilebilir suya ihtiyaç duymaktadır [1].

Dünya nüfusu 2019 yılı sonunda 7,8 milyar civarındadır. Gelecek 25 yıl içerisinde bu rakamın 10 milyar kişiye varması ön görülmektedir. Bu rakamlara bakıldığında tatlı su miktarının oldukça kısıtlı olması ve gün geçtikçe azalması bilinen bir gerçektir. Söz konusu olan bu konu hem bilim insanlarını hem tüm dünya ülkelerini şimdiden tedbir almaya mecbur bırakmaktadır. İnsanoğlunun tahribatlarıyla esas sebep olduğu

evre kirliliği ve ormanların yok edilmesi, zaman içerisinde artarak devam eden fosil yakıt kullanımı, sanayinin hızla büyümesi, küresel ısınmayı ve iklim değişimini meydana getirmektedir[2].

Yakın dönemde dünya nüfusunun oldukça artış göstermesi, ulaşım koşullarının içinde bulunduğumuz çağa ayak uydurması ve endüstrinin günden güne gelişmesi sonucunda, artan tüketim ile küresel dünya ekonomisinin durumuyla sera gazının atmosferde birikmesi neticesinde küresel ısınma ortaya çıkmaktadır. Artan sera etkisinin en mühim ve açık etkisi, yerkürenin enerji dengesi üstünde ilave bir pozitif ısınımsal zorlama gerçekleştirip, yerküre iklimini ısıtmasıdır. 1906-2005 yılları arasında küresel ortalama yüzey sıcaklığında görülen artış 0,74 °C'dir. En gelişmiş iklim modelleri ile yapılan çalışmalar küresel ortalama yüzey sıcaklığının 1990-2100 dönemi için yaklaşık olarak 3 °C'lik bir artış beklemektedir. Bununla birlikte aynı dönemde küresel ortalama deniz seviyesinin 0,09 ile 0,88 m. aralığında yükseleceği tahmin edilmektedir [2].

İleriye dönük yapılan bu çalışmalar gelecekte; deniz seviyesinin yükselmesi, buzulların erimesi, bazı kesimlerde şiddetli yağışlar sonucunda taşkınların oluşması bazı kesimlerde ise artan su kıtlığı sonucu kuraklık oluşmasını doğurmaktadır. Bu sebeple su kaynaklarının muhafaza edilmesi için gerekli tedbirler uygulanmalı ve topluma bu farkındalık aşılanmalıdır[2].

İklimde oluşan değişimlerin etkisini hidrolojik çevrimde ortaya çıkarmasının en önemli sebebi iklimin hidrolojik çevrimi kontrol eden esas etki olmasıdır. Mevcutta az yağış ve yüksek sıcaklık etkisi kuraklık oluşturmakta iken şiddetli yağışlar ise taşkınlara yol açmaktadır[3].

Türkiye'de yıllık ortalama yağış, yaklaşık olarak 643 mm olup, yılda ortalama 501 milyar m³ suya tekabül etmektedir. Toprak, su yüzeyleri ve bitkilerin sebep olduğu buharlaşmalar nedeniyle suyun 274 milyar m³'ü atmosfere geri gitmektedir. Yeraltı suyunu ise 69 milyar m³'lük miktarı beslemektedir. Akışa geçen 158 milyar m³'lük kısım da farklı büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki

göllere boşalmaktadır. 69 milyar m³'lük yeraltı suyunu besleyen suyun 28 milyar m³'ü kaynaklar vasıtası ile yerüstü suyuna tekrar karışmaktadır [3].

Su potansiyeline bakılarak ülkeler 3 farklı sınıfa ayrılmaktadır. Su fakirliği yaşayan ülkelerde yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1000 m³'ten daha az, su azlığı yaşayan ülkelerde yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 2000 m³'ten daha az olmakta iken su zenginliği yaşayan ülkelerde ise yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 8000-10000 m³'ten daha fazla olmaktadır. Ülkemizde ise yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı yaklaşık 1519 m³'tür [3].

Kabul edilen bu şartlar altında ülkemizin sanılanın aksine su zengini bir ülke olmaktan çok uzak olduğu ve su azlığı yaşan bir ülke durumunda bulunduğu aşikardır. Bununla birlikte mevcut su kaynaklarının zaman içerisinde azalması ve nüfus artış miktarının da etkisiyle eğer gerekli tedbirler alınmaz ise ilerleyen yıllarda su fakirliğine doğru giden bir seyir ile karşı karşıya kalınacaktır. Ülkemizde yarı kurak iklim davranışları görülmektedir. Buna karşılık ülkemizin üç tarafı denizlerle çevrili olduğu, yüksek sıra dağların kıyılara paralel oluşu, ani yükselti farklılıkları ile kıyılara olan uzaklıklar, iklim özelliklerinin birbirine yakın konumlarda dahi değişiklik göstermesine yol açmaktadır[3].

Ülkemizde yağış dağılımı, yağışın gerçekleştiği bölgeye ve zamana göre önemli farklılıklar göstermektedir. Ülkemizin kuzey bölgelerinde karadeniz iklimi görülmektedir. Karadeniz ikliminde her mevsim ılık ve yağışlıdır. İç bölgelerimizde günlük ve yıllık olarak sıcaklık değişimi farkı yüksektir. Step iklimi görülür ve sıradağlar bulunduğundan az yağış alır. Güneyde kışları ılık ve yağışlı, yazları kurak ve çok sıcak olan akdeniz iklimi görülmektedir [3].

Bu denli farklı iklim tiplerinin bulunduğu ve buna bağlı olarak yağış miktarında değişim gösterdiği ülkemizde suyun nitelikli kullanımı; tarım, sanayi, içme suyu ihtiyacı ve enerji üretimi açısından depolama yapılarıyla birlikte barajlar, taşkın ve erozyona karşılık büyük önem arz etmektedir. Ülkemizde birbirinden farklı iklim tipleri bulunduğundan küresel ısınmanın da etkisiyle olası iklim değişimlerinden oldukça etkilenen ülkeler içerisinde yer almaktadır[4].

Ülkemizin farklı topografya tiplerinin olması, orografik nitelikleri ve konumu gereği üç tarafının denizlerle çevrili olması sebebiyle coğrafi bölgelerinin bu duruma karşı göstereceği reaksiyonlarda farklı olacaktır. Çölleşme, iklimsel değişimi ve insan etkisini içinde barındıran, biyolojik, fiziksel, sosyal, ekonomik, siyasal, kültürel nedenlerin arasındaki farklı etkileşimleri sonucu kurak, yarı kurak ve kuru-yarı nemli bölgelerde meydana getirdiği arazi bozulumu olarak tanımlanmaktadır. Örnek olarak güney doğu, iç anadolu, ege ve akdeniz gibi çölleşme etkisinin ortaya çıkabileceği, yeterince su miktarının bulunmadığı yarı nemli bölgeler ve yarı kurak bölgeler potansiyel etki altında bulunmaktadır [4].

Zaman içerisinde değişen iklim ve bunun sonuçlarından biri olan hidrolojik etkenler ile ilgili gerçek ve tatmin edici bilgiye sahip olmak direkt ya da dolaylı olarak iklimin etkilediği sistemlerin daha güzel tasarlanmasının ve kontrol edilmesinin temelidir. Bu yüzden gelişmiş toplumlar bu konu üzerine çalışmalar yapmakta ve gelecek nesillere ışık tutmaktadır[4].

Su ekonomisi sistemlerinin en temel hidrolojik elemanları, akış, yağış, buharlaşma, sıcaklık, nemdir. Bununla birlikte son dönemde bu konu üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Akımlar arasındaki ilişkiye göre yapılan matematiksel modeller neticesinde geleceğe dönük akımlar tahmin edilebilir[4].

Bu çalışmanın amacı akım, yağış, sıcaklık, nem, buharlaşma verilerinin zaman serisi modelleri ile ileriye dönük tahminin yapılmasıdır. Çalışmada Sakarya Havzası Kızılcahamam istasyonu 1970-1999 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır. Analiz python programı ile yapılmıştır.

Bu çalışmada Devlet Su İşleri (DSİ)'den alınan havza içindeki akım gözlem istasyonlarından temin edilen akım verileri ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'den temin edilen yağış, sıcaklık, nem, buharlaşma verileri kullanılmıştır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR TARAMASI

Su rezervlerinin planlanması ve işletilmesi ile ilgili çalışmalar için, çoğunlukla sentez ve simülasyon gibi matematiksel modellere gereksinim duyulmaktadır. Stokastik modelleme üzerine yapılan araştırmalar, nüfusun hızla artması, kirlilik, küresel ısınma tehdidi karşısında su rezervlerinin planlaması ve işletilmesi açısından oldukça kritik öneme sahiptir[5].

Tarihsel olarak kayıt altına alınan veriler çoğunlukla ana kütleyi sağlıklı yansıtmadığından mevcut süreçte daha güvenilir yol izleyebilmek adına modelleme yapılması gereksinimi ortaya çıkmaktadır. Ardından yapılan modelleme, ileriye dönük tahmin ve planlamada kullanılmaktadır[5].

Hidrolojik kayıtlara yönelik ülkemizde ve dünyada birçok modelleme tasarımı ortaya konmuştur. Bu konuda yapılmış ilk modelleme, kayıt altına alınmış akım değerlerinin sıralamasını değiştirip sentetik seriler üretme fikrini ortaya koyan Hazen (1914) çalışmasına kadar uzanmaktadır.[5]

Box and Jenkins (1970) otoregresif (AR) modellerle hareketli ortalama (MA) modellerinin sentezleyerek ARMA adı altında modelin öncüsü olmuşlardır. Unesco 1971 yılında Varşova’da düzenlemiş olduğu “Mathematical models in hydrology” isimli sempozyumda akarsu akımlarının modellenmesi ile alakalı birçok bildiri ortaya konulmuş ve bu bildiriler ileride yapılacak çalışmalara kaynak olmuştur[6].

Berryman vd.’nin (1988) yapmış olduğu çalışmada, su kalitesi içerisinde bulunan değişkenlerin trend analizini yapmıştır. Lineer trendler için içerisinde Kendall, Spearman, Intrablock vb. testlerin olduğu 12 adet test uygulamıştır. Sıçrama trendler için içerisinde Medyan, Mann-Whitney, Kolmogorov-Smirnov vb. testlerin olduğu 7

adet test uygulamıştır. Çoklu sıçrama tipi trendler için ayrıca 3 farklı parametrik olmayan test özelinde bilgi paylaşmışlardır. Mevcut testler içinden, eldeki dataların içsel bağımlılık ile mevsimsellik gibi yapısal özellikleri göz önünde bulundurularak en uygun olanın tercih edileceği açıklanmıştır [7].

Arseni-Papadimitrio ve Maheras (1991) yapmış oldukları çalışmada, Kudüs, Atina, Roma ve Marsilya gibi akdeniz kıyısındaki 4 farklı bölgeyi tercih etmiş ve bu yerleşim birimlerinde 120 seneden daha uzun süreli sıcaklık verisi ile sıcaklıktaki farklılıkları saptayabilmek adına Mann-Kendall trend testini tercih etmişlerdir. Yaptıkları çalışmanın sonucunda Atina haricindeki sıcaklığın ısınmaya doğru gittiği paylaşılmıştır. Sıcaklıktaki değişimin başlangıç tarihi Roma için 1893 yılı, Kudüs için 1920 yılı ve Marsiyla için 1942 yılıdır [8].

Toros (1993) yapmış olduğu çalışmada, Türkiye genelini temsil edecek şekilde 18 tane meteoroloji istasyonu belirlemiştir. Bunlar; Edirne, Zonguldak Samsun, Göztepe, Ankara, Trabzon, Çanakkale, Kütahya, Sivas, Kars, İzmir, Elazığ, Konya, Adana, Diyarbakır, Şanlıurfa, Van, Antalya'dır. Bu istasyonlardan sağlamış olduğu düşük ile yüksek sıcaklık verileri ve yağış verileri üzerinde çalışma yapmıştır. Bulduğu sonuçlara göre ilkbahar gece sıcaklıklarında bariz bir trend bulunamamıştır. Buna karşın gece ile gündüz sıcaklıkları arasındaki değişimler birbiri ile kıyaslandığında ülke genelinde özellikle gece sıcaklığında kayda değer artışların var olduğunu saptamıştır. Ayrıca yağış verilerinde ise trend bulunamamış, mevsimsel olarak toplam yağışlarda kış aylarında bir düşüş yaza doğru da yükselme eğilimi saptamıştır [9].

Yu vd.'nin (1993) yapmış oldukları çalışmada ABD'nin Kansas eyaletindeki 5 adet akarsuyun su kalitesi verilerine parametrik olmayan trend testleri uygulamıştır. Bu uygulamanın neticesinde su kalitesinde azalan yönde trend varlığını tespit etmişlerdir. Daha sonra homojenlik testi uygulanmış ve istasyon ve havza bazında trendlerin homojen olmadığını ortaya koymuşlardır [10].

Berryman vd.'nin [7] tavsiye ettikleri trend analiz yöntemlerini, İçağa (1994) yapmış olduğu çalışmada Gediz Havzası su kalitesi gözlemlerinde uygulamasını yapmış ve 1979-1989 yılları arasındaki trendi tespit etmiştir [11].

Lettenmaier vd.'nin (1994) yapmış oldukları çalışmada ABD'deki aylık yağış, akış ve sıcaklık verileri ile uyguladıkları analiz neticesinde 1948-1988 yılları arasında kasım-nisan bandında aylık nehir akımlarında artış tespit etmişlerdir [12].

İçağa ve Harmancıoğlu (1995) yapmış oldukları çalışmada 1979-1984 yılları arasında Yeşilırmak Havzası'daki 10 istasyonda su kalitesi ölçümleri için Spearman Rho testi, Mevsimsel Mann-Kendall testi, Mann-Whitney testi ile Kruskal-Wallis testini kullanmışlar ve neticesinde Yeşilırmak'ta genel olarak kirlilik kriteri olan değişkenlerde artış trendleri saptamışlardır [13].

Türkeş vd.'nin (1995) yapmış oldukları çalışmada ülkemizdeki her bir meteorolojik istasyon ile her bir coğrafi bölgenin uzun süreli olarak yıllık ortalama sıcaklık trend değerleri ve ani değişimlerini tespit etmek için 1930-1992 yılları arasında parametrik olmayan birbirinden farklı testler uygulamışlar ve bölgesel ortalama sıcaklık serisini kullanıp iklimin Doğu Anadolu bölgesinde ısınma, bilhassa Marmara ve Akdeniz bölgelerinde ise soğuma eğiliminde olduğunu tespit etmişlerdir [14].

Kothyari vd.'nin (1997) yapmış oldukları çalışmada Hindistan'daki Ganza Havzasına ait olan 3 istasyonun yağış ve sıcaklık rejimlerinin değişimini tespit edebilmek adına muson yağışları, muson mevsimindeki yağmurlu gün sayıları ve yıllık maksimum sıcaklık verilerini Mann-Kendall testini kullanmışlardır. Analiz sonucuna göre yıllık maksimum sıcaklıklardaki artış oranının ve toplam muson yağışları miktarı ile muson mevsimindeki yağurlu gün sayılarının azalış oranının 1960 yılının ikinci yarısından sonra gerçekleştiğini tespit etmişlerdir [15].

Kadıoğlu (1997) yapmış olduğu çalışmada 1939-1989 yılları arasında ülkemizdeki 18 farklı meteorolojik istasyonda ortalama yıllık sıcaklık verilerinin trendleri üzerine çalışmış ve önemsiz artış trendlerini tespit etmiştir. Bununla birlikte uzun süreli

trendlerin varlığını tespit etmek için ülkemizdeki yüzey hava sıcaklığı kayıtlarının yetersiz olduğunu da belirtmiştir [16].

Moreas vd.'nin (1998) yapmış oldukları çalışmada Brezilya'nın güneydoğusundaki nehir havzasının 1947-1991 yılları arasındaki akım ve yağış verilerine Mann-Kendall trend testini uygulamışlar ve havza genelindeki yağışlarda önemli artan trendler ile 8 akım gözlem istasyonunun yarısında ise önemli azalan trendler bulmuşlardır [17].

Gan (1998) yapmış olduğu çalışmada Kanada bozkırlarında bulunan 37 hava istasyonundan alınmış olan sıcaklık ve yağış kayıtlarının trend analizini Mann-Kendall trend testini kullanarak analiz etmiştir. Yaptığı çalışmanın neticesinde Kanada bozkırlarının son 40-50 yıl içerisinde daha sıcak olduğu ve daha az yağış aldığını bulmuştur [18].

Karabörk ve Kahya (1998) yapmış oldukları çalışmada Sakarya Havzasındaki aylık akımların çok değişkenli stokastik modellemesini araştırmışlar ve ARMA(1,1) modelinin tarihi serilerin hem birbirinden ayrı olarak istatistiksel momentlerini hem de istasyonlar arası çapraz korelasyon durumunu koruması nedeniyle Sakarya Havzası için uygun bir model olduğunu ortaya koymuşlardır[19].

Lins ve Slack (1999) yapmış oldukları çalışmada ABD'de Mann-Kendall yöntemi ile trend analiz testi yaparak akışta ve yağışta artan yönde trend varlığını tespit etmişlerdir [20].

Serrano vd.'nin (1999) yapmış oldukları çalışmada İber Yarımadası'nda 1921-1995 yılları arasında 40 istasyondaki aylık ve yıllık toplam yağış miktarlarına Mann-Kendall testini uygulamışlar ve anlamlı trend olup olmadığını sorgulamışlardır. Yıllık yağışlar için 34 istasyonda anlamlı bir trend bulunmamış 5 istasyonda %95 önemle azalan, yalnızca 1 istasyonda artan trend bulmuşlardır. Aylık toplam yağışlar için her bir ay incelenmiş ve yapılan trend testi sonucunda ise yalnızca mart ayı için 21 istasyonda azalan yönde trend bulunmuş diğer aylar için anlamlı bir trend tespit edilmemiştir [21].

Ceylan (1999) yapmış olduğu çalışmada Yeşilırmak havzasını içerisinde yer alan en az 30 yıllık gözlem verileri bulunan Devlet Meteoroloji İşleri (DMI), Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) ve DSİ'den elde ettiği 24 farklı istasyonun 1930-1997 yılları arasında gözlemlenmiş 43 adet iklim serisinin analizi yapılmıştır. Bu analizde yıllık olarak ortalama sıcaklık, toplam yağış, ortalama akım, toplam buharlaşma, ortalama güneşlenme süreleri, bulutlu ve kapalı geçen gün adetleri gibi iklimsel özellikleri ayırt eden altı farklı iklim elemanı kullanılmıştır. Bu serilere ilk olarak homojenlik testi yapılmış ve sonrasında trend analizi uygulanmıştır. Homojenlik testi için gidişler (Swet-Eisenhart) sınaması, trend analizi için ise en küçük kareler yöntemi ile Mann-Kendall mertebe korelasyon istatistiği metotları uygulanmıştır. Havza genelinde ortalama sıcaklıklar için bariz bir azalma, toplam yağışlarda ve ortalama akımlarda artış bulunmuştur. Bununla birlikte toplam buharlaşmada, güneşlenme süresi için azalış tespit edilmiştir. Ayrıca bulutluluk verilerinde eğilimlerin bölgesel şekilde farklılaştığı bulunmuştur [22].

Douglas vd.'nin (2000) yapmış oldukları çalışmada ABD'deki 1571 adet istasyonun 48 yıllık ortalama olarak verisine Mann-Kendall testi uygulanmıştır. Ancak istatistiksel olarak anlamlı trendler tespit edememişlerdir. Düşük akım verilerinde ülkenin batısındaki geniş bir alanda ve üç küçük bölgede anlamlı artan trendler bulmuşlar ve bu trendlerin sebebinin yağıştaki artış olduğu tespit edilmiştir [23].

Kosif, (2001) yapmış olduğu çalışmada Samsun'da DMI'nin işlettiği istasyonların kayıtlarını kullanarak ortalama sıcaklık, toplam yağış, bulutlu ve kapalı gün sayıları ile DSİ'nin işlettiği Akım Gözlem İstasyonu (AGİ)'nin ortalama akım verilerinin trendlerini araştırmıştır. Yaptığı analizlerinde en küçük kareler yöntemi ile Mann-Kendall sıra korelasyon testlerini kullanmıştır. Çalışmasının neticesinde ortalama sıcaklık, toplam yağış ve ortalama akım gözlemlerinde artan yönde, bulutluluk gözlemlerinde ise azalan yönde trend tespit etmiştir [24].

Zhang vd.'nin (2001) yapmış oldukları çalışmada Kanada'daki 243 istasyonda bulunan 11 adet hidroklimatik değışkene Mann-Kendall testini uygulamışlar ve 30, 40 ve 50 yıllık zaman dilimlerinde yıllık ortalama akımların çoğunlukla ülkenin güney bölgelerinde ve aylık ortalama akımların mart ve nisan aylarında önemli

artışların gerçekleştiği özellikle ağustos ve eylül aylarında azaldığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte yaptıkları çalışmada, veri uzunluğu olarak 30 yılın uygun olduğu ve yıllık ortalama azalmanın kaynağı olarak sıcaklıktaki artışlar ve yağışlardaki azalma belirtilmiştir [25].

Burn ve Elnur (2002) yapmış oldukları çalışmada iklim değişimine göre hidroloji ve meteoroloji arasındaki ilişkiyi belirtmek için meteorolojik değişkenlere ait trendler ile hidrolojik değişkenlere ait trendlerin aralarındaki ilişki üzerine çalışmışlardır. Kanada'daki akış verileri kullanılarak yaptıkları trend analizinde Mann-Kendall testi uygulamışlardır. Test dağılımının tahmini için permütasyon yaklaşımını kullanmışlardır. Kanada'da bulunan 248 tane havzanın 18 adet hidrolojik değişkenine 1950-1997 yılları arasındaki veriler kullanarak eğilimlerini bulmak için parametrik olmayan Mann-Kendall trend testini kullanmışlardır. Bu çalışmanın neticesinde tesadüf olarak ortaya çıkması beklenenden daha çok sayıda eğilim bulunduğunu belirtmişlerdir [26].

Akyürek (2003) yapmış olduğu çalışmada Türkiye genelinde 24 havzaya ait 107 akım gözlem istasyonundaki minimum 25 yıllık, yıllık ortalama akımlarda trend analizi yapmıştır. Çalışmasında parametrik bir test olan t testi ve parametrik olmayan Kendall testi yöntemlerini kullanmıştır. Çalışmasında hem istasyon hem de bölgesel olarak anlamlı trend varlığını sorgulamıştır. Bu çalışmanın neticesinde yıllık ortalama akım verilerinde trendin her iki test için de Türkiye'nin batı, orta ve güney bölgelerindeki istasyonlarda azalma yönünde olduğunu belirtmiştir. Yaptığı bölgesel analizde de oluşturulan bölgelerde trend varlığını tespit etmiştir [27].

Kahya ve Kalaycı (2003) yapmış oldukları çalışmada, Türkiye'deki 26 havzaya ait olan 83 akım gözlem istasyonundan alınan aylık ortalama akımların 31 yıl aralığı için parametrik olmayan Mann-Kendall, Spearman'ın Rho, Mevsimsel Mann-Kendall ve Sen testlerini kullanarak trend hesaplamıştır. Ayrıca aylık verilerin homojenliğini kontrol etmek için Van Bell ve Huges tarafından geliştirilmiş testi kullanmışlardır. Yaptıkları çalışmanın neticesinde Türkiye'nin doğusunda bulunan havzalarda artan trend tespit edilirken batısında yer alan havzalarda ise azalan trend bulunmuştur [28].

Kalaycı ve Kahya (2004) yapmış oldukları çalışmada son dönemdeki yüzey suyu kalitesinin trendlerini bulmak için bir takım parametrik olmayan testler geliştirmişlerdir. Klasik parametrik testlerde bulunan normalite, doğrusallık ve bağımsızlık gibi temel terimler çoğunlukla tipik yüzey suyu kalitesi verilerinde sağlamadığını belirtmiştir. Bununla birlikte su kalitesi trend analizini karmaşık hale getiren hususları açıklamıştır. Bunlar; parametrik testlerin kullanılması, mevcut zaman serisinin genellikle eksik ve kısıtlı kayıtlardan oluşması, kalite parametresinin akım debisi ile ilişkisi ve mevsimsellik vb. bazı etkenlerdir. Bu nedenlerden dolayı Spearman Rho testi, Mann-Kendall testi, Mevsimsel Mann-Kendall Testi, Mann-Whitney Testi ve Kruskal-Wallis testi gibi bir takım parametrik olmayan testleri kullanmış ve parametrik olmayan testlerin parametrik testlere göre daha anlamlı sonuçlar verdiğini söylemiştir. Ayrıca Susurluk Havzası'nda seçtiği 4 istasyonda Sen'in T testi, Spearman Rho testi, Mann-Kendall testi, Mevsimsel Mann-Kendall testini su kalitesi verilerinde lineer trend belirleyebilmek için 1970-1994 yılları arasında uygulamışlardır. Bunun neticesinde su sıcaklığı, elektriksel iletkenlik, sodyum, potasyum, kalsiyum+magnezyum, bikarbonat ve klorit konsantrasyonlarında artan; debi ile sediment konsantrasyonlarında azalan trend tespit etmişlerdir. Sülfat, Ph, karbonat, organik madde ile bor konsantrasyonunda da trend tespit etmişlerdir [29].

Özel (2004) yapmış olduğu çalışmada Türkiye'deki 26 havzada aylık ortalama akımlar için anlamlı trend varlığının olup olmadığını sorgulamış, trend analizinde Spearman'ın Rho testi, Sen testi, Mevsimsel Kendall ve Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi ile trendin eğilimini bulmak için ise Sen'in Trend Eğim yöntemini tercih etmiştir. Sonuç olarak trend bulunan istasyonlarda eğimin genellikle azalan yönde olduğu ve bu durumun Türkiye'nin batı bölgesinde yoğun olduğunu belirtmiştir. En fazla trend bulunan ayın mart ayı olduğunu belirtmiş, nisan ayının ise en az trende sahip olduğunu tespit etmiştir. Genellikle 1980'li yılları trend başlangıç yılları olarak bulmuş ve artan trendlerin çoğunlukla ağustos ayında olduğunu söylemiştir [30].

Cıgızoğlu vd. (2005) yapmış olduğu çalışmada Türkiye'deki nehirlerin taşkın, ortalama ve düşük akımlardaki anlamlı trend varlığını incelemiştir. Türkiye'nin 26

akarsuyu havzasından 24 tanesine ait olan 100 adet AGİ'nin günlük ortalama akım verileri üzerinde çalışmıştır. Yaptığı çalışmada yıllık maksimum, ortalama, bir günlük ve yedi günlük akım verilerine parametrik olmayan Mann-Kendall testi ile parametrik olan T testi kullanmıştır. Çalışmanın sonucunda Türkiye'nin batı, orta ve güney bölgelerindeki nehirlerin son 30-60 yıllık dönem itibariyle özellikle ortalama ve düşük akımlarda anlamlı bir azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Diğer bölgelerde ise anlamlı bir trend bulamamışlardır [31].

Wen ve Chen (2005) yapmış oldukları çalışmada, ABD'nin eyaletlerinden Nebraska'da 8 büyük havzadaki 110 istasyonda ölçülmüş olan 50 yıllık akım verileri üstünde yaptıkları trend analizinde parametrik olmayan Mann-Kendall testini uygulamışlar ve batı bölgesinde azalan yönde trend olduğunu, doğu bölgesinde ise anlamlı bir trend varlığı olmadığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte mevcuttaki azalmanın yer altı suları ile olan ilişkisini araştırmışlardır [32].

Yürekli vd. (2005) yapmış oldukları çalışmada Kelkit Deresi günlük ekstrem akımlarının stokastik modellemesini gerçekleştirmiş, günlük minimum akım verileri için korelogram ve kısmi korelogramlardan tüm diagnostik uygulamaları gerçekleştirerek dört ARMA modeli uygulamışlardır[33].

Tonkaz ve Çetin (2006) yapmış oldukları çalışmada şehirleşme ve arazi kullanımının, güneydoğu anadolu bölgesindeki aylık ekstrem sıcaklıklar üstündeki etkilerini incelemişlerdir. Nüfus değişimi, motorlu araçların sayısı, endüstriyel ürünlerin üretildiği sahalar, bina sayısı ve aylık ekstrem sıcaklık trendleri bölgesel parametreleri tespit etmek için ülkemizin gelişmekte olan Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) bölgesinde bir çalışma yapılmış ve 16 gözlem istasyonuna ait olan 27 ile 71 yıl arasında değişmekte olan 1932-2002 yıllarını içeren aylık ekstrem sıcaklık verilerini kullanmışlardır. Aylık trendleri tespit etmek için parametrik olmayan Mann-Kendall testini kullanmışlardır. Yaptıkları çalışmanın neticesinde şehirleşmedeki artış miktarının bölgenin minimum sıcaklıklarında artışa sebebiyet verdiğini belirlemişlerdir [34].

Gümüş (2006) yapmış olduğu çalışmada Fırat Havzası'ndan seçmiş olduğu istasyonların yıllık ortalama, minimum ve maksimum akımlarının trend analizini

yapmış ve anlamlı bir trend varlığı araştırmıştır. Fırat Havzası'nda, EİEİ tarafından işletilmekte olan 83 AGİ içerisinde, toplam 22 istasyon için trend analizi yapmış ve bu testler içinde parametrik olmayan Mann-Kendall testi ve Spearman'ın Rho testilerini tercih etmiştir. Bununla birlikte trend bulunduğu istasyonlarda trendin başlangıç yılını bulmak için de parametrik olmayan Mann-Kendall mertebe korelasyon testini, trend eğimlerini tespit etmek içinde Sen'in trend eğim yöntemini kullanmıştır. Sonuç olarak yıllık ortalama akımlar için 20 istasyonda trend bulunamamış, 2 istasyonda azalan yönde anlamlı trend tespit etmiştir. Minimum akımlarda ise 10 istasyonda azalan yönde, 1 istasyonda ise artan yönde trend tespit etmiştir. Maksimum akımlar içerisinde ise tüm istasyonlarda anlamlı bir eğilim tespit edilememiştir [35].

Özfıdaner (2007) yapmış olduğu çalışmada Türkiye'deki meteoroloji istasyonlarından 1932-2002 yılları arasındaki yağış ölçümlerine ait aylık ve yıllık yağış verilerinin istatistiksel olarak eğilimlerinin Mann-Kendall ve t testi ile noktasal olarak ve Türkiye'nin 7 coğrafi bölgesinde bölgesel olarak 1968-1997 yılları arası için yeni geliştirilen bölgesel ortalama Mann-Kendall test istatistiği ile trend içermediğini tespit etmiş ve bulunduğu sonuçlar ile daha önce bölgesel trend analizi yapılmış olan 1968-1997 yılları arasındaki sonuçları ile karşılaştırmıştır. Yaptığı çalışmanın neticesinde noktasal ölçekte Türkiye'nin 7 coğrafi bölgesi için yağış verilerinde özellikle kış aylarında azalma eğiliminin bulunduğunu tespit etmiştir. Bununla birlikte sonbahar, ilkbahar ve yaz aylarında ise yağış verilerinde artma eğiliminin bulunduğunu tespit etmiştir. Bölgesel olarak ise yağış verilerinde Güneydoğu Anadolu bölgesinde genel olarak bir azalma bulmuş, diğer bölgelerde ise yıl içerisinde artma ile azalma eğilimleri birbirine yakın çıkmış ve yağışlardaki gidişin Güneydoğu Anadolu bölgesi dışında genel olarak nehir akımlarında etki göstermediğini belirlemiştir [36].

Can ve Yerdelen (2008) yapmış oldukları çalışmada Susurluk Havzası'nda M. Kemal Paşa Çayı'nın aylık akımlarının ARMA(1,1) modeline uygun olduğunu tespit etmişlerdir. Akarçay Havzasına ait olan aylık ortalama akım ve aylık yağış verileri ile yaptıkları akım modellemesini de İçağa (2003) gerçekleştirmiştir[37].

Uçgun (2010) yapmış olduğu çalışmada Kızılırmak Havzası’da bulunan istasyonlardan temin ettiği yağış, sıcaklık, buharlaşma ve akım verilerinin trend analizini yapmıştır. Analiz koşullarına uygun olan istasyonlara ilk olarak homojenlik testi olan t-testini uygulamıştır. Sonrasında trend analizi için homojen olan istasyonların kayıtlı verilerini kullanarak parametrik olmayan Mann-Kendall ve Spearman Rho testini uygulamıştır. Bununla birlikte %90-95 güven aralığında yaptığı incelemelerde trend tespit ettiği istasyonlarda Mann-Kendall mertebe korelasyon testi ile trend başlangıç yılını tespit etmiş ve Sen trend eğim yöntemine göre eğimleri bulmuştur. Çalışmanın sonucunda Mann-Kendall testi için %95 güven aralığında 2 akım gözlem istasyonunda azalan yönde 1 akım gözlem istasyonunda da artan yönde trend bulmuştur. Spearman Rho testinde ise 3 akım gözlem istasyonunda azalan yönde 1 akım gözlem istasyonunda ise artan yönde trend bulmuştur. Yıllık toplam yağış ve buharlaşma verilerinde yaptığı analiz sonucuna göre verilerde trend bulamamıştır. Yıllık ortalama sıcaklık verilerinin analizinde ise 1 istasyonda artan yönde trend tespit etmiştir. Mann-Kendall testi için %90 güven aralığında yaptığı incelemelerde ise 3 akım gözlem istasyonunda azalan 1 akım gözlem istasyonunda artan yönde trend bulmuştur. Spearman Rho testi için de 4 akım gözlem istasyonunda azalan, 1 akım gözlem istasyonunda artan trend bulmuştur. Yıllık toplam yağış verilerinin trend analizinde 1 istasyonda artan, yıllık ortalama sıcaklık verilerinin analizinde 2 istasyonda artan ve yıllık toplam buharlaşma verilerinin analizinde de 1 istasyonda azalan yönde trend bulmuştur [38].

Nemli (2017) yapmış olduğu çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesi’nde bulunmakta olan MGM tarafından işletilen 10 adet istasyondan temin ettiği yıllık en büyük yağış miktarı değerlerini ilk olarak Run testi ile homojenlik durumunu kontrol etmiş ve sonucunda tüm istasyonlar homojen olarak bulunmuştur. Homojen olan istasyon verilerinde içsel bağımlılığı ortadan kaldırmak için Pre-Whitening yöntemini kullanmıştır. İçsel bağımlılığı ortadan kaldırılan veriler içerisinden normal dağılıma uygun olanlara Basit Regresyon Analizi yöntemi uygulamış normal dağılıma uygun olmayan verilere ise parametrik olmayan yöntemler içerisinden Mann-Kendall ve Spearman’ın Rho testini uygulayarak trend eğilimini bulmuştur. Ayrıca trend başlangıç yılını tespit etmek için Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testini

kullanmıştır. Sonuç olarak yaptığı testlerin neticeleri tüm testlerde benzerlik göstermiş ve birçok istasyonda artan yönde eğilim bulmuştur [39].

Namlı (2019) yapmış olduğu çalışmada Türkiye'deki Fırat-Dicle ve Yeşilırmak Havzalarında Ardışık Mann-Kendall testi kullanarak taşkın trend analizi yapmıştır. Her iki havza için 1986-2011 yılları arasındaki verilerle çalışmıştır. Ayrıca DSI'den aldığı yıllık maksimum akım verilerini de kullanmıştır. Çalışmasında istasyon olarak ve havza olarak iki farklı analiz yapmıştır. Fırat-Dicle havzası içinde 14 akım gözlem istasyonunun maksimum akımları üzerinde çalışma yapmıştır. Çalışmalarının sonucunda Fırat-Dicle ve Yeşilırmak Havzalarında azalan trend tespit etmiştir [40].



BÖLÜM 3

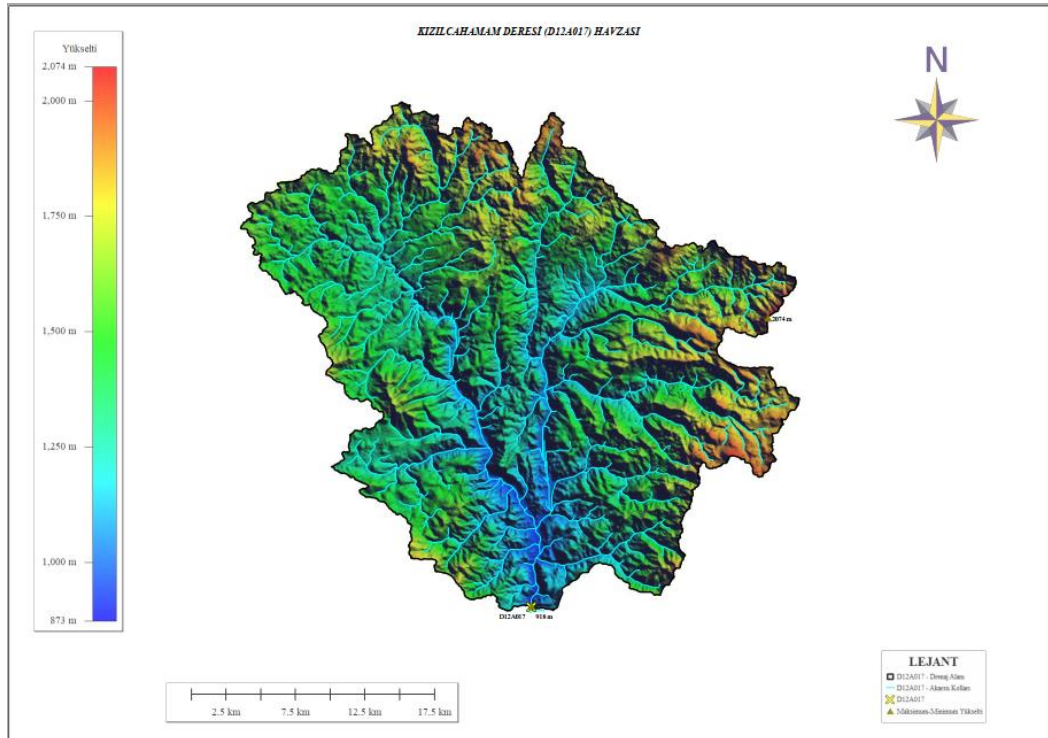
MATERYAL VE METOD

3.1. ÇALIŞMA ALANININ ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde çalışma alanının coğrafi durumu ve iklim durumundan bahsedilecektir.

3.1.1. Coğrafi Durumu

Çalışmada kullanılan Kızılcahamam Deresi - Mandıra İstasyonu, Sakarya Havzası içerisinde yer almaktadır. Yeri, (32° 39' 0" D - 40° 26' 0" K) Kızılcahamam Çeltik yolunun 5. km'sindeki Mandıra mevkiindedir. 907.5 km² drenaj alanı bulunmaktadır. Yaklaşık kotu 903 m'dir.



Şekil 3. 1. Kızılcahamam Deresi (D12A017) Havzası.

Türkiye’de bulunan 25 hidrolojik havzadan birisi olan Sakarya Havzası; ülkemizin kuzeybatısında; 37° 96' - 41° 20' kuzey enlemleri ile 29° 26' - 33° 24' doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Susurluk, Akarçay, Konya, Kızılırmak ve Batı Karadeniz Havzaları ile çevrelenmektedir [41].

3.1.2. İklim Durumu

Bulunduğu konum ve kapladığı geniş alan sebebiyle, havza içinde farklı iklimlerin etkileri ile karşılaşmaktadır. Aşağı Sakarya’nın kıyı taraflarında kuzeye has Karadeniz iklimi ile Marmara Havzasına kadar devam eden Akdeniz ikliminin geçiş alanı olmaktadır. Yukarı Sakarya Havzası, Orta Sakarya’nın doğusunda ve Ankara’da tipik olarak İç Anadolu iklimi etkisi vardır. Bu bölgelerde yazlar sıcak, kışlar soğuk olmakta ve yaz zamanında yağış az olmaktadır. Havzaya gelen yağış miktarları havzanın kuzey ve güney bölümlerinde değişiklik bulunmaktadır. Kuzey tarafında Karadeniz yağış iklimi, güney tarafta ise İç Anadolu yağış iklimi göstermektedir[41].

3.2. ZAMAN SERİLERİ MODELLEMESİ

Belirli zaman aralıklarındaki kronolojik sıra ile elde edilen bir rastgele değişken üzerinde yapılan ardışık gözlemlerin kümesine zaman serisi denir. Zaman serileri analizlerinin yapılmasının amacı; üzerinde çalışılmakta olan değişkenin zaman içerisindeki gidişatının incelenmesi, hidrolojik süreçlerdeki düzensizliklerin saptanarak geleceğe dönük tahminlerin belirlenmesidir.

Sıcaklık, yağış, akım ve buharlaşma gibi hidrolojik büyüklükler zaman içerisinde rastgele değişen bir yapıda olduğundan devamlı bir azalma veya artma davranışının araştırılması için özel yöntemler kullanmak gerekmektedir [42].

Zaman serilerinin, uzun dönem içerisinde artan veya azalan yönde gösterdiği eğilim trend olarak tanımlanmaktadır. Trendin en önemli özelliği istikrarlı olmasıdır. Bu sebepten dolayı zaman serisinin trendi doğrusal veya eğrisel olabilir. Zaman serisindeki davranışın istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığının araştırılmasına

trend analizi denir. Trend analizi, geniş zaman aralıklarında uygulanan uzun dönemlerde uygulanan bir analizdir [43].

Son dönemlerde iklim değişimlerine tesir eden parametrelerin analizinde, kullanılan verilerin kısa süreli, kesikli, düzensiz ve çarpık olması vb. olumsuz etkenlerden dolayı genellikle parametrik testler kullanılmamaktadır. Parametrik testlerde normalite, doğrusallık ve bağımsızlık kabulleri yapıldığından dolayı zaman serilerinin analizinde çoğunlukla anlamlı değildir. Parametrik olmayan testler ise istatistiklerin dağılımlarına bağlı olmayan testlerdir. Bu yüzden geliştirilmiş olan parametrik olmayan testler verilerin büyüklüğüne nazaran sıralarını (rank) öncelik alır ve belirli bir dağılıma uyma koşulu gerektirmemektedir[44].

3.2.1. Box ve Jenkins Modellerinin Teorik Yapısı

Box-Jenkins (B.J) modeli gelecekteki tahmin için kullanılan istatistiksel yöntemlerden biridir. B.J yöntemi, tek değişkenli zaman serilerinin ileriye dönük tahmini için kullanılır. Bu eşit zaman aralıklarıyla elde edilen gözlem değerlerinden meydana gelen kesikli ve durağan zaman serilerinin ileriye dönük tahmin modellerinin kurulmasında ve tahminlerin yapılmasında sistemli yaklaşım göstermektedir [44].

B.J. tahmin yöntemi ve diğer tahmin yöntemleri, zaman farkı dizinin yapısı veya genel eğilimleri hakkında herhangi bir ön bilgi gerektirmez. Ayrıca diğer yöntemlerin kullanılması serilerin belirli bir eğilime sahip olmasını gerektirir, ancak bu modellemede böyle bir sınırlama olmadığı için karmaşık zaman serileri için de kullanılabilir[45].

B.J. grup modeli, zamanla ilgili rastgele olaylardan oluşan bir olaydır. Olaylarla ilgili zaman serileri, rastgele süreçler olduğu varsayımına dayanarak geliştirilir. Ayrıca bu modellerde, zaman içinde sürekli değişen rastgele değişkenlerin değerleri arasındaki iç bağımlılık (zaman serisi gözlemleri) en etkili şekilde ele alınmıştır. Bu nedenlerden dolayı bu modellere doğrusal stokastik modeller (doğrusal rastgele modeller) denir[44].

Modelin temsil ettiği yöntem önceden kesin olarak belirlenebilir. B.J. tahmin tekniği deneysel bir süreçtir. Çeşitli model seçeneklerinden uygun olanı seçme ve her aşamada seçilen modelin uygulanabilirliğini kontrol etme imkânı vardır[45].

Çevremizde sabit zaman serisi örnekleri çok nadirdir; özellikle ekonomik olaylarla ilgili zaman serileri, bir veya daha fazla çeşitli zaman serisi unsurları (eğilimler, mevsimsel dalgalanmalar gibi) içerir. Durağan olmayan zaman serilerinin ileriye doğru tahmininde bu yöntemi uygulamak için, önce kararsızlaştırıcı faktörler (zaman serisi öğeleri) dikkate alınarak seriyi durağan hale getirmek için bazı dönüşüm yöntemleri kullanılır ve ardından B.J. yöntemi ileriye dönük analiz aracı olarak değerlendirilir [45].

B.J. grubu, incelenen zaman serilerinin doğrusal rastgele sürecin kararlı olup olmadığına göre iki türe ayrılır: doğrusal sabit rasgele model (AR) ve durağan olmayan doğrusal rastgele model. Zaman serilerinin mevsimsel faktörler içerip içermediğine göre, otoregresif entegre hareketli ortalama (ARIMA) modelleri olarak adlandırılan durağan olmayan doğrusal rastgele modeller de "mevsimsel ARIMA" ve "mevsimsel olmayan ARIMA" modelleri olarak ikiye ayrılmaktadır[44].

3.2.1.1 Doğrusal Durağan Stokastik (Rasgele) Modeller

Doğrusal durağan stokastik tahmin modelleri otoregresif (AR), hareketli ortalama (MA) ve otoregresif hareketli ortalama (ARIMA) modelleridir.

3.2.1.2. Otoregresif (AR) Modeli

AR modeli, herhangi bir dönemdeki zaman serilerinin gözlenen değerlerinin doğrusal hesaplanmasıyla aynı sırayı veya ondan önceki belirli bir süre için hata terimini temsil eden modeldir.

AR modelleri geçmiş gözlemlerin sayısına dayalı olarak isimlendirilir. AR modeli geçmiş dönemde bir gözlem içeriyorsa "birinci dereceden", geçmiş dönemde iki

gözlem içeriyorsa “ikinci dereceden”, geçmiş dönemdeki p gözlem içeriyorsa, p düzeyinde bir AR modelidir.[46] AR (p) modelinin genel ifadesi şöyledir:

$$x_t = \phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-2} + \dots + \phi_p x_{t-p} + a_t \quad (3.1)$$

$x_t, x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_{t-p}$ gözlem değerleridir.

$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ modelin parametreleridir. p modelin derecesini ve a_t normal dağılmış hata değişkenidir.

AR (p) modeli, bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi ortaya çıkaran bir model değildir. Regresyon modelinde olduğu gibi, aynı kişinin gözlemleri arasındaki ilişkiyi ortaya koyan bir model değildir. Dönem ve önceki dönemdeki gözlemler ayrılarak “otoregresif model” olarak adlandırılır.

Pratikte sıkça kullanılan AR modelleri birinci ve ikinci dereceden modellerdir ve kısaltılmış olarak sırasıyla AR (1) ve AR (2) şeklinde gösterilir.

AR (1) modelinde bir zaman serisinin t dönemine ait gözlem değeri x_t , t-1 döneminin gözlem değeri x_{t-1} ve a_t hata terimiyle aşağıdaki şekilde açıklanır.

$$x_t = \phi_1 x_{t-1} + a_t \quad (3.2)$$

Benzer şekilde AR (2) modeli;

$$x_t = \phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-2} + a_t \quad (3.3)$$

şeklinde gösterilir.

AR modelleri fark denklemi şeklinde yazılabileceği gibi;

$$Bx_t = x_{t-1}, \quad B^2 x_t = x_{t-2}, \dots, \quad B^p x_t = x_{t-p} \quad (3.4)$$

ifadelerinden yararlanacak olursak,

$$x_t = (\phi_1 B + \phi_2 B^2 + \dots + \phi_p B^p)x_t + a_t \quad (3.5)$$

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) = a_t \quad (3.6)$$

olarak yazılabilir. Bu denklemde B zaman serilerinin zaman göstergesi, t ise “geriye doğru öteleme operatörüdür”. Örneğin; $Bx_t = x_{t-1}$ ifadesinde Bx_t x_{t-1} 'ye ötelenir.

AR (p) modelinin durağanlık koşulunu sağlaması için,

$$|\phi_p| < 1$$

olması gerekmektedir [44].

3.2.1.3 Hareketli Ortalama (MA) Modeli

MA modeli, zaman serilerinin herhangi bir döneminin gözlem değerini, aynı döneme ait hata terimi ile önceki döneme ait belirli sayıda hata terimlerinin doğrusal birleşimi olarak ifade eden bir modeldir.

MA modelleri bulunan önceki hata terimlerinin sayısına göre isimlendirilirler. Bunlara birinci dereceden MA modeli, ikinci dereceden MA modeli ve genel olarak yazacak olursak q. dereceden MA modeli olarak isimlendirilebilirler.

MA(q) modelinin genel ifadesi ise şöyledir,

$$x_t = \theta_0 a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (3.7)$$

x_t 'nin t. dönemine ait gözlemlenen değerlerine $(\theta_0, \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q)$ modelin parametreleri olarak adlandırılır. MA modelinin derecesi ise q ile gösterilir.

Pratikte kullanılan MA modelleri birinci dereceden ($q = 1$ için) ve ikinci dereceden ($q = 2$ için) modlardır; bu modellerde MA (1) ve MA (2) şeklinde gösterilir.

MA (1) modeli;

$$x_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} \quad (3.8)$$

şeklinde gösterilir.

MA(1) modelinde, x_t zaman serisi, t ve $t-1$ gözlem değeri periyodik hata terimlerinin doğrusal bir birleşimidir.

MA(2) modelinde, x_t 'nin gözlem değeri t , $t-1$, $t-2$ periyodunun hata terimlerinin doğrusal bir kombinasyonu olarak ifade edilir.

MA (2) modeli ise;

$$x_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} \quad (3.9)$$

MA modeller fark denklemi şeklinde yazılabileceği gibi;

$$x_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) a_t \quad (3.10)$$

şeklinde geriye doğru öteleme operatörü (B) kullanılarak yazılabilir.

MA'nın modellerinin yazımı için, geri çeviri operatörü B 'yi kullandığımız şeklini kullandığımızda, modelin çevrilebilirlik gereksinimlerini karşılayıp karşılamadığını belirlemeye yardımcı olan bir gösterim şeklidir[44].

$$|\theta_1| < 1$$

koşulu, MA (1) modeli için "çevrilebilirlik koşulu" olarak adlandırılır.

MA (2) modeli θ_1 ve θ_2 değerleri için durağansa yani, θ_1 ve θ_2 eşitsizlikleri sağlıyorsa;

$$|\theta_2| < 1$$

Bu durumda modeller çevrilebilir niteliktedir[44].

3.2.1.4. Otoregresif Hareketli Ortalama (ARMA) Modelleri

ARMA modeli sabit zaman serileri için kullanılır ve AR ve MA modellerinin birleşimidir. Bu modellerde, zaman serilerinin herhangi bir dönemindeki gözlemler, belirli sayıda gözlem ve ondan önceki hata teriminin doğrusal bir kombinasyonu olarak ifade edilir. ARMA modeli, p terimli AR ve q terimli MA modellerinin bir kombinasyonuysa, p + q terim içerir ve ARMA (p, q) olarak yazılır.

ARMA (p, q) modeli fark denklemi biçiminde gösterilebilir ve;

$$x_t = \phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-2} + \dots + \phi_p x_{t-p} + \theta_0 a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (3.11)$$

olarak yazılabilir.

($\theta_0 = 1$) olarak kabul edersek;

$$x_t - \phi_1 x_{t-1} - \phi_2 x_{t-2} - \dots - \phi_p x_{t-p} = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (3.12)$$

olarak düzenlenebilir [44].

ARMA(p,q) modelinde hesaplanabilecek parametre sayısı p+q+2 tanedir. Buradaki p+q+2 adet parametrenin, p kadarı ϕ (otoregresyon) parametresi, q kadarı θ (hareketli ortalama) , bir diğeri μ (ortalama değeri), sonuncusu ise δ_a^2 (varyans) olarak hesaplanabilir.

Pratikte kullanılan ARMA modeli ARMA (1,1)'dir. Bu modeli elde etmek için birinci dereceden AR modeli ($p=1$) ve birinci dereceden MA modeli ($q=1$) kullanmamız gerekmektedir. ARMA (1,1) modelinin denklemi ise $\phi_0 = 1$ kabul edilerek şu şekilde ifade edilebilir,

$$x_t - \phi_1 x_{t-1} = a_t - \theta_1 a_{t-1} \quad (3.13)$$

düzenleyecek olursak;

$$x_t = \phi_1 x_{t-1} + a_t - \theta_1 a_{t-1} \quad (3.14)$$

olarak yazılabilir[44].

3.2.1.5. Durağan Olmayan Doğrusal Stokastik (ARIMA) Modelleri

Ekonomik zaman serileri gibi pratikte karşılaşılan çoğu seri statik değildir. Bu serilerin istikrarı, trendler, mevsimsel ve döngüsel dalgalanmalar ve tesadüfi nedenler gibi faktörlerle bozulur. Durağan olmayan zaman serilerinin modellenmesi, durağan bir serinin elde edilmesine bağlıdır. İstikrarı sağlamak için öncelikle ilgili faktörlerin belirlenmesi ve ardından ortadan kaldırılması gerekir.

Statik olmayan ancak fark yoluyla statik hale getirilen serilere uygulanan model, topluluk (entegre) modeli veya "durağan olmayan stokastik (rastgele) model" olarak adlandırılır.

Otoregresif derece parametresi p , hareketli ortalama parametresi derecesi q ise ve fark alma işlemi d kez çalıştırılırsa, bu model (p, d, q) derece otoregresif integral hareketli ortalama modeli olarak adlandırılır ve ARIMA (p, d, q) olarak yazılır.

Genel ARIMA (p, d, q) modelinin ifadesi;

$$w_t = \phi_1 w_{t-1} + \phi_2 w_{t-2} + \dots + \phi_p w_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (3.15)$$

olarak yazılabilir. Burada;

$\{w_t\}$ = Farkı alınmış seri şeklinde ifade edilebilir.

Eğer ilk farklar ($d=1$) seriyi statik bir hale getiriyorsa fark operatörü ∇ ;

$$\nabla x_t = w_t = x_t - x_{t-1} \quad (3.16)$$

şeklinde gösterilir.

Mevsimsel dalgalanmalar göstermeyen serilerin ileriye dönük tahminlerinde kullanılan genel ARIMA (p, d, q) modelinde hesaplanacak parametre sayısı ARMA (p, q) kadar yani $p+q+2$ kadardır.

ARIMA (p, d, q) modelinde p veya q 'nin sıfır olduğu durumlar gözlemlenebilir. $q=0$ olduğunda oluşacak yeni model AR (d, p) ve $p=0$ olduğunda oluşacak yeni model MA (d, q) şeklini alır.

1. ARIMA MODELİ (0,1,1)

$$\begin{aligned} \nabla x_t &= a_t - \theta_1 a_{t-1} \\ &= (1 - \theta_1 B) a_t \end{aligned} \quad (3.17)$$

2. ARIMA MODELİ (0,2,2)

$$\begin{aligned} \nabla^2 x_t &= a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} \\ &= (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2) a_t \end{aligned} \quad (3.18)$$

3. ARIMA MODELİ (1,1,1)

$$\nabla x_t - \nabla x_{t-1} = a_t - \theta_1 a_{t-1} \quad (3.19)$$

veya,

$$(1 - \phi_1 B) \nabla x_t = (1 - \theta_1 B) a_t \quad (3.20)$$

Bu arıma modelleri bu eşitlikler ile ifade edilebilir. [44]

3.2.1.6. Mevsimsel (SARIMA) Modeller

Belli aralıklarla yapılan gözlemlerden oluşan zaman serilerinin birkaç yıl üst üste aynı ay/dönemde maksimum ve minimuma ulaşma eğilimi mevsimsel dalgalanmalara işaret etmektedir. Doğal ve sosyal nedenlerle meydana gelen dalgalanmaları içeren ve her yıl tekrarlanan bir seriye "mevsimsel zaman serileri" denilmektedir. Mevsimsel dalgalanmaların dalga boyu s ile temsil edilir ve genellikle 12 aylık sürekli gözlem dizisidir. [44]

Mevsimsellik, zaman serilerinin istikrarını bozan faktörlerden biridir. Bu serilerin istikrarını sağlamak için serilerin mevsimsel olarak düzeltilmesi gerekmektedir. s derecesinden farkının alınması gerektiğinden bu mevsimsel modellemede s 'nin öğrenilmesi ve kullanılması gerekmektedir.

Mevsimsel serilerin modellenmesi için SARIMA modeli kullanılır. Ancak kurulacak mevsimsel model veri düzeyindeki ve mevsimlerin neden olduğu değişiklikleri yansıtmalıdır. Çünkü zaman serilerinin eğilimleri ve mevsimsel dalgalanmaları olabilir. Bu nitelikte, zaman serilerinin gözlemleri arasında iki ilişki vardır: Birbirini izleyen gözlem değerleri arasındaki ilişki ve birbirini izleyen yılların aynı aylarına ait gözlem değerleri arasındaki ilişki, yani mevsimsel ilişkidir.

Mevsimsel zaman serilerinin analizinde kullanılan ve daha önce bahsettiğimiz ilişkilere yer veren modelleme;

$$\phi_p(B)\phi_p(B^s)\nabla^d\nabla_s^D x_t = \theta_q(B)\theta_q(B^s)e_t \quad (3.21)$$

şeklinde ifade edilir ve buna çarpımsal model adı verilir.

Mevsimsel modellemenin genel derecesi, mevsimsel ve mevsimsel olmayan modellerin çarpılmasıyla bulunur. (p, d, q) (P, D, Q) şeklinde gösterilir. (p, d, q) mevsimsel olmayan, (P, D, Q) ise mevsimsel modellerin derecelerini gösterir.

Pratikte sıklıkla karşılaşılan ve ekonomik olaylarla ilgili çoğu zaman serisinde tahmin için kullanılan (0,1,1) (0,1,1) model derecesine sahip bir ARIMA modelidir. (0,1,1) modeli, ARIMA modelinde birinci dereceden entegre hareketli ortalama modelidir.

Birinci dereceden mevsimsel hareketli ortalama modeli (0,1,1) ile ifade edilir.

$$\nabla_{12}x_t = (1 - \theta B^{12})a_t \quad (3.22)$$

şeklinde gösterilir[44].

Çarpımsal modelleme yazılımı olarak ise mevsimsel olmayan modelleme (0,1,1) mevsimsel modelleme ise (0,1,1)₁₂ olsun;

$$\nabla\nabla_{12}x_t = (1 - \theta B)(1 - \theta B^{12})a_t \quad (3.23)$$

şeklinde çarpımı yazabiliriz.

Bu çarpımı düzenlersek;

$$(x_t - x_{t-1}) - (x_{t-12} - x_{t-13}) = a_t - \theta a_{t-1} - \theta a_{t-12} + \theta\theta a_{t-13} \quad (3.24)$$

şeklinde düzenleyebiliriz. Çarpımın bu haline birinci dereceden çarpımsal mevsimsel hareketli ortalama adı verilmektedir[44].

3.3 HATA KARELER ORTALAMASININ KAREKÖKÜ (HKOK)

Bu çalışmada performans fonksiyonu olarak hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK) kullanılmıştır. HKOK bir makine öğrenmesi modelinin öngördüğü tahmin rakamları ile gerçek rakamlar arasındaki ortalama hatayı ifade eder. Bu şartlar altında hata bir ölçümdeki belirsizlik ya da tahmini değer ile gerçek değer arasındaki farkı ortaya çıkarmakta ve aşağıdaki şekilde elde edilmektedir.

$$HKOK = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2} \quad (3.25)$$

Burada; n: mevcut bağımlı sayısını, Y_i : gerçek değeri, $\hat{Y}_i$: tahmin edilen değeri ifade etmektedir [47].

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMANIN BULGULARI

4.1. ÇALIŞMA ALANINDA ZAMAN SERİLERİ YÖNTEMLERİ İLE MODELLEME

Sakarya havzasında yer alan Kızılcahamam D.-Mandıra D12A017 istasyonunun 1970-1999 yılları arasındaki aylık; ortalama akım, toplam yağış, en çok yağış, buharlaşma, sıcaklık, ortalama nispi nem verileri kullanılarak bu çalışma yapılmıştır.

Yapılan çalışmada python programı kullanılarak, mevcut veriler program içerisine tanıtılmış ve gerekli işlemler yazılım aracılığı ile gerçekleştirilmiştir.

İlk olarak akım verisi üzerine otoregresif (AR), hareketli ortalama (MA), otoregresif model ile hareketli ortalama karışımı olan (ARMA), otoregresif entegre hareketli ortalama (ARIMA) ve mevsimsel otoregresif entegre hareketli ortalama (SARIMA) yöntemleri ile çalışma yapılmıştır.

1970-1998 yılları arasındaki ilk 29 yıl için toplam 2088 adet aylık ölçülmüş akım, toplam yağış, maksimum yağış, sıcaklık, buharlaşma ve nem verileri eğitim amaçlı yazılıma tanıtılmış ardından 1999 yılı akım verisi yukarıda bahsedilen yöntemler aracılığı ile tahmin edilmiş ve gerçekteki 1999 yılı akım verileri ile kıyaslanmıştır. Çalışmada eğitim amaçlı toplam 2088 adet, kıyaslama için ise toplam 72 adet veri kullanılmıştır.

Kıyaslama için çalışmada kullanılan AR, MA, ARMA, ARIMA ve SARIMA yöntemleri için HKOK bulunmuş ve hata değerleri incelenmiştir.

1999 yılı gerçek akım verisi ile 1999 yılı tahmin edilen akım verisi aynı grafik üzerinde AR, MA, ARMA, ARIMA ve SARIMA yöntemleri için ayrı ayrı çizdirilmiş ve sonuçları incelenmiştir.

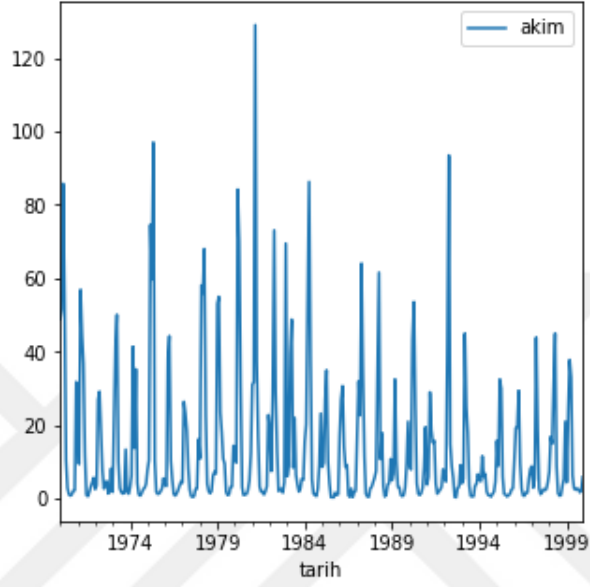
Ardından yalnızca AR modeli kullanılarak akım verisi ile toplam yağış, en çok yağış, buharlaşma, sıcaklık, ortalama nispi nem verilerinin 1970-1998 yılları arasındaki verileri yazılıma eğitim amaçlı tanıtılmış, modele dışsal değişken eklenerek, 1999 yılı akım verisi farklı dışsal verilerle tahmin edilmiş ve gerçekteki 1999 yılı akım verisi ile kıyaslanmıştır.

HKOK'si en düşük olan model seçilmiş ve gerçekteki 1999 yılı verisi ile tahmin edilen 1999 yılı aylık verisinin grafiği her bir dışsal değişken için ayrı ayrı çizilmiştir. Akım verisi tahmininde en etkili dışsal etken elde edilmiştir.

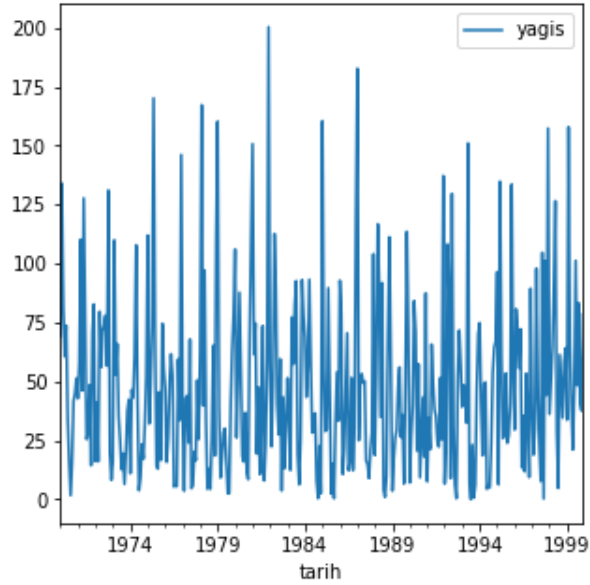
4.1.1. Temin Edilen Verilerin Aylık Dağılımları

Bu çalışmada 1970-1999 yılları arasındaki aylık akım, toplam yağış, en çok yağış, sıcaklık, buharlaşma ve nispi nem verileri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan 1970-1999 yılları arasındaki aylık akım verilerinin dağılımı şekil 4.1'de görülmektedir. Aylık akım verisinin maksimum değeri 129,00 hm³ ve minumum değeri 0,37 hm³tr. Ortalaması 13,65 ve standart sapması 19,14'tür. Çalışmada kullanılan 1970-1999 yılları arasındaki aylık toplam yağış verilerinin dağılımı şekil 4.2'de görülmektedir. Aylık toplam yağış verisinin maksimum değeri 200,3 mm ve minumum değeri 0,30 mm'dir. Ortalaması 48,00 ve standart sapması 37,39'dur. Çalışmada kullanılan 1970-1999 yılları arasındaki aylık maksimum yağış verilerinin dağılımı şekil 4.3'te görülmektedir. Aylık maksimum yağış verisinin maksimum değeri 58,40 mm ve minumum değeri 0,30 mm'dir. Ortalaması 16,03 ve standart sapması 10,61'dir. Çalışmada kullanılan 1970-1999 yılları arasındaki aylık sıcaklık verisinin dağılımı şekil 4.4'te görülmektedir. Aylık sıcaklık verisinin maksimum değeri 23,50 °C ve minumum değeri -5,60 °C'dir. Ortalaması 9,80 ve standart sapması 7,79'dur. Çalışmada kullanılan 1970-1999 yılları arasındaki aylık buharlaşma verisinin dağılımı şekil 4.5'te görülmektedir. Aylık buharlaşma verisinin maksimum değeri 259,3 mm ve minumum değeri 0,00 mm'dir. Ortalaması 74,83 ve

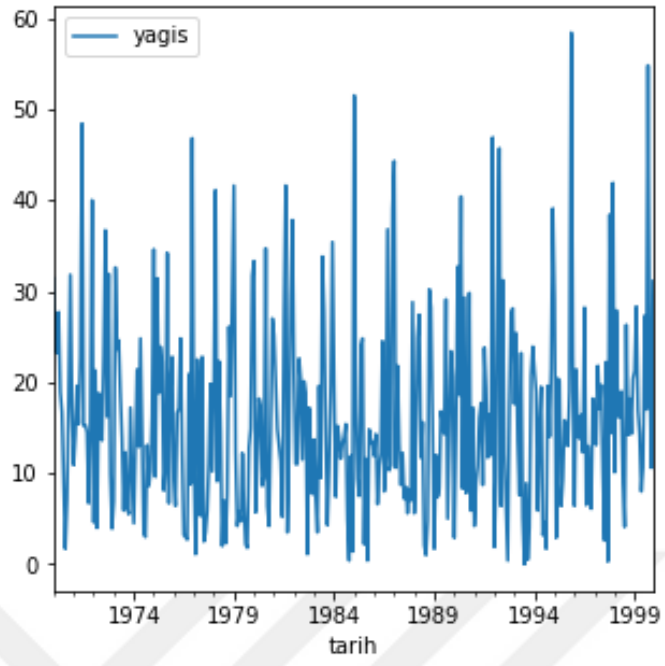
standart sapması 82,48'dir. Çalışmada kullanılan 1970-1999 yılları arasındaki aylık nispi nem verisinin dağılımı Şekil 4.6'da görülmektedir. Aylık nispi nem verisinin maksimum değeri % 87,00 ve minumum değeri % 49,00'dur. Ortalaması 67,00 ve standart sapması 8,30'dur.



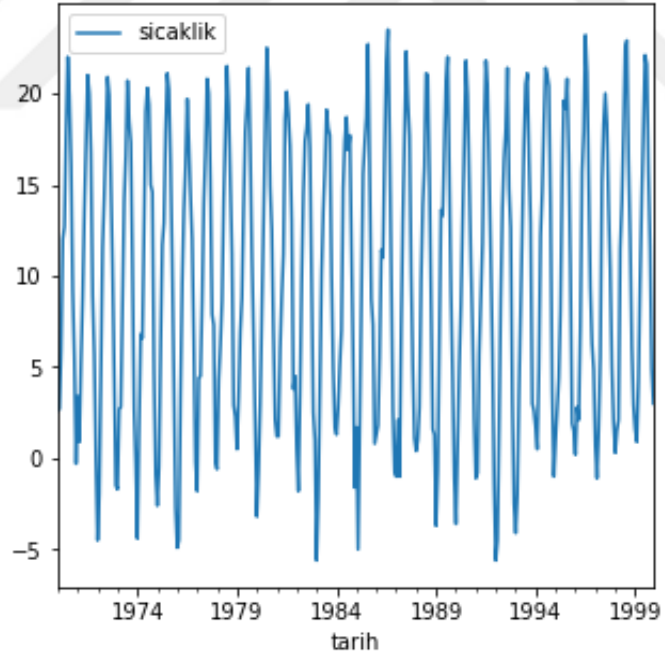
Şekil 4. 1. Aylık akım verisi.



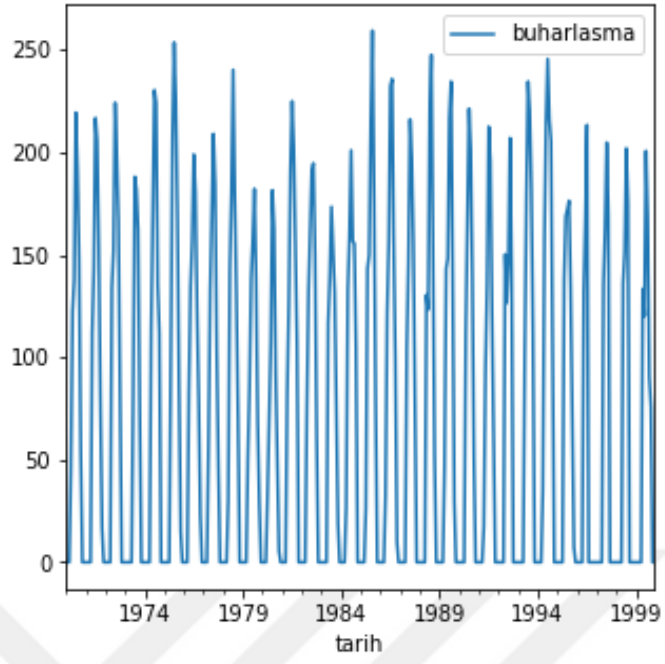
Şekil 4. 2. Aylık toplam yağış verisi.



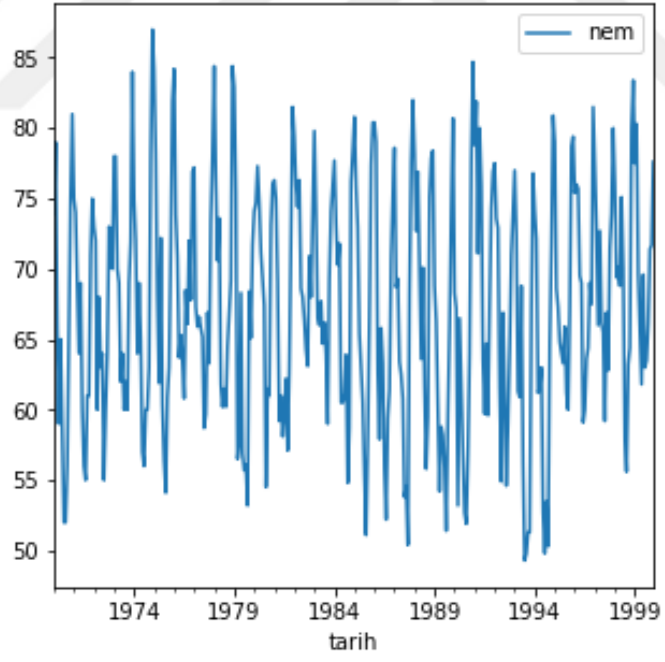
Şekil 4. 3. Aylık maksimum yağış verisi.



Şekil 4. 4. Aylık sıcaklık verisi.



Şekil 4. 5. Aylık buharlaşma verisi.



Şekil 4. 6. Aylık nispi nem verisi.

4.1.2. Uygulamadaki Değişkenlerin Korelasyonları

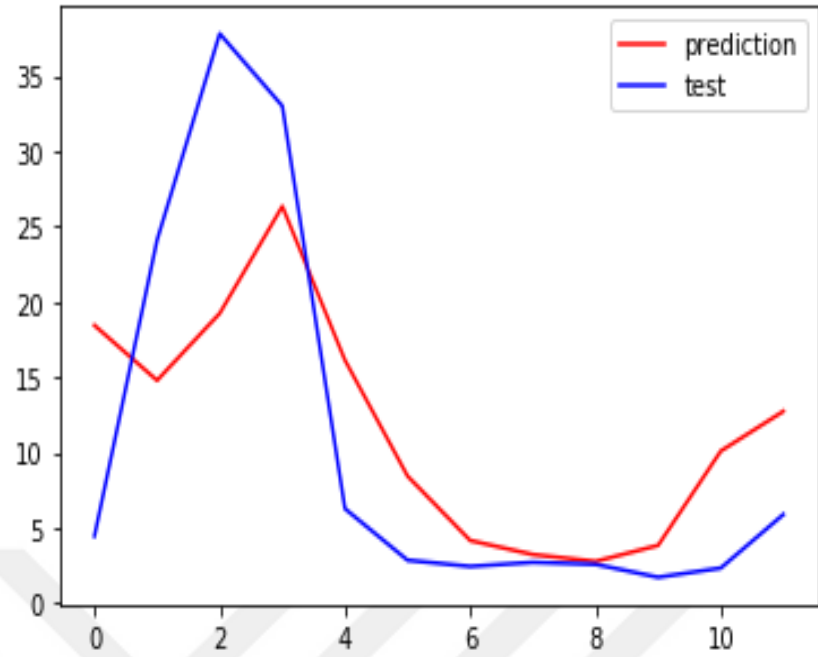
Çizelge 4. 1. Çalışmada kullanılan verilerin korelasyonu.

	AKIM	TOPLAM YAĞIŞ	MAKSİMUM YAĞIŞ	SICAKLIK	BUHARLAŞMA	NEM
AKIM	1	0.385	0.190	-0.253	-0.367	0.202
TOPLAM YAĞIŞ		1	0.773	-0.302	-0.338	0.507
MAKSİMUM YAĞIŞ			1	-0.205	-0.224	0.328
SICAKLIK				1	0.901	-0.799
BUHARLAŞMA					1	-0.750
NEM						1

Tablo incelendiğinde yüzde 1 anlamlılık düzeyinde akım değerlerinin toplam yağış, maksimum yağış ve nem ile pozitif bir ilişki; sıcaklık ve buharlaşma ile ise negatif bir ilişki gösterdiği anlaşılmaktadır. Toplam yağış değerlerinin, maksimum yağış ve nem ile pozitif bir ilişki sıcaklık ve buharlaşma ile negatif bir ilişki gösterdiği anlaşılmaktadır. Maksimum yağış; nem ile pozitif, sıcaklık ve buharlaşma ile negatif bir ilişki göstermektedir. Sıcaklık değeri buharlaşma ile pozitif, nem ile negatif bir ilişki gösterdiği anlaşılmaktadır. Buharlaşma ise nem ile negatif bir ilişki göstermektedir.

4.1.3. Akım Verisinin AR Yöntemi İle Tahmini

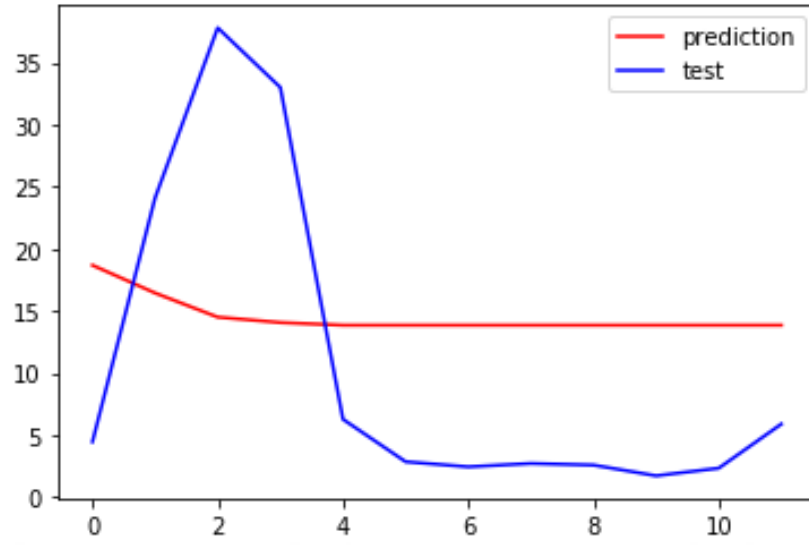
Sakarya Havzası D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonu 1970-1999 yılları arasındaki aylık akım verileri kullanılmıştır. İlk olarak 1970-1998 yılları arasındaki 28 yıllık 348 adet veri eğitim amaçlı yazılıma tanıtılmış ardından 29. yıl olan 1999 yılı aylık akım verisi AR yöntemi ile tahmin edilmiştir. Tahmin verisi ile gerçek 1999 yılı aylık akım verisi aynı grafik üzerinde gösterilmiştir. Aşağıda çizilen grafikte kırmızı renkteki şerit tahmini, mavi renkteki şerit ise gerçek değerleri göstermektedir. Ele alınmış 11 gecikmeli AR modelinin farklı çözümlemelerinden en iyi tahmin seçilmiştir. HKOK 8.731 bulunmuştur.



Şekil 4. 7. AR yöntemi kullanılarak yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.

4.1.4. Akım Verisinin MA Yöntemi İle Tahmini

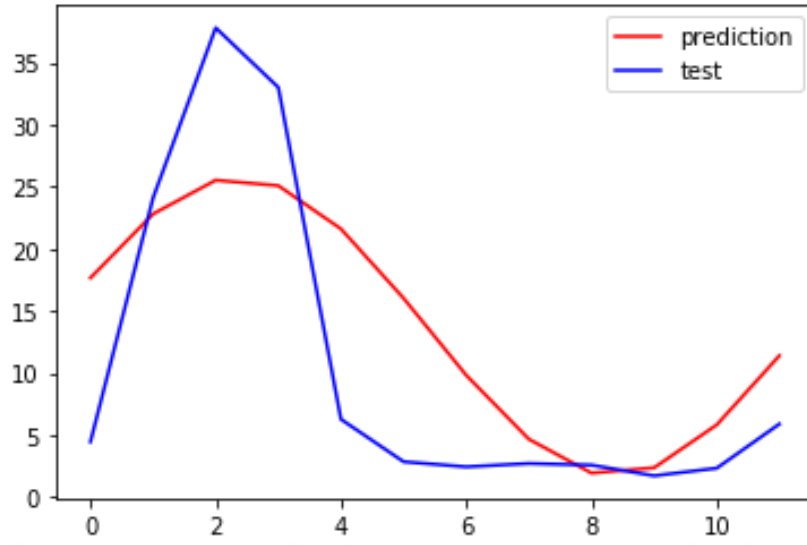
Sakarya Havzası D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonu 1970-1999 yılları arasındaki aylık akım verileri kullanılmıştır. İlk olarak 1970-1998 yılları arasındaki 28 yıllık 348 adet veri eğitim amaçlı yazılıma tanıtılmış ardından 29. yıl olan 1999 yılı aylık akım verisi MA yöntemi ile tahmin edilmiştir. Tahmin verisi ile gerçek 1999 yılı aylık akım verisi aynı grafik üzerinde gösterilmiştir. Ele alınan MA modelinin farklı çözümlemelerinden en iyi tahmin olan MA(0,4) seçilmiştir. HKOK 13,120 bulunmuştur.



Şekil 4. 8. MA yöntemi kullanılarak yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.

4.1.5. Akım Verisinin ARMA Yöntemi İle Tahmini

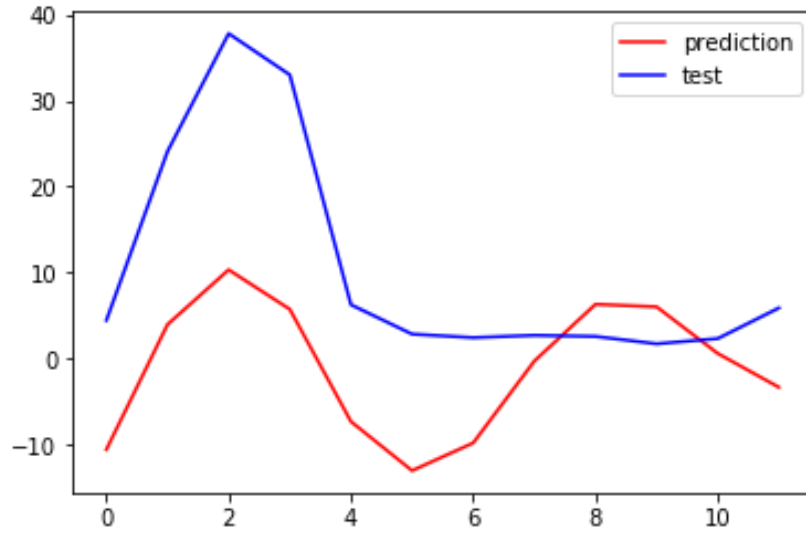
Sakarya Havzası D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonu 1970-1999 yılları arasındaki aylık akım verileri kullanılmıştır. İlk olarak 1970-1998 yılları arasındaki 28 yıllık 348 adet veri eğitim amaçlı yazılıma tanıtılmış ardından 29. yıl olan 1999 yılı aylık akım verisi ARMA yöntemi ile tahmin edilmiştir. Tahmin verisi ile gerçek 1999 yılı aylık akım verisi aynı grafik üzerinde gösterilmiştir. Ele alınan ARMA modellerinin farklı çözümlemelerinden en iyi tahmin olan ARMA(2,2) seçilmiştir. HKOK 8.835 bulunmuştur.



Şekil 4. 9. ARMA yöntemi kullanılarak yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.

4.1.6. Akım Verisinin ARIMA Yöntemi İle Tahmini

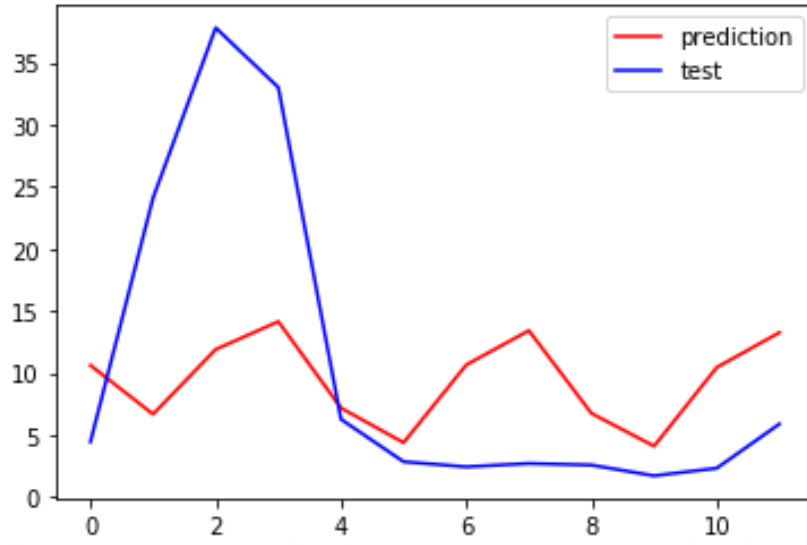
Sakarya Havzası D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonu 1970-1999 yılları arasındaki aylık akım verileri kullanılmıştır. İlk olarak 1970-1998 yılları arasındaki 28 yıllık 348 adet veri eğitim amaçlı yazılıma tanıtılmış ardından 29. yıl olan 1999 yılı aylık akım verisi ARIMA yöntemi ile tahmin edilmiştir. Tahmin verisi ile gerçek 1999 yılı aylık akım verisi aynı grafik üzerinde gösterilmiştir. Ele alınan ARIMA modellerinin farklı çözümlmelerinden en iyi tahmin olan ARIMA(9,1,4) seçilmiştir. HKOK 15.397 bulunmuştur.



Şekil 4. 10. ARIMA yöntemi kullanılarak yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.

4.1.7. Akım Verisinin SARIMA Yöntemi İle Tahmini

Sakarya Havzası D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonu 1970-1999 yılları arasındaki aylık akım verileri kullanılmıştır. İlk olarak 1970-1998 yılları arasındaki 28 yıllık 348 adet veri eğitim amaçlı yazılıma tanıtılmış ardından 29. yıl olan 1999 yılı aylık akım verisi SARIMA yöntemi ile tahmin edilmiştir. Tahmin verisi ile gerçek 1999 yılı aylık akım verisi aynı grafik üzerinde gösterilmiştir. Ele alınan SARIMA modellerinin farklı çözümlemelerinden en iyi tahmin olan SARIMA(1,1,1,2,1,2,2) seçilmiştir. HKOK 11.891 bulunmuştur.



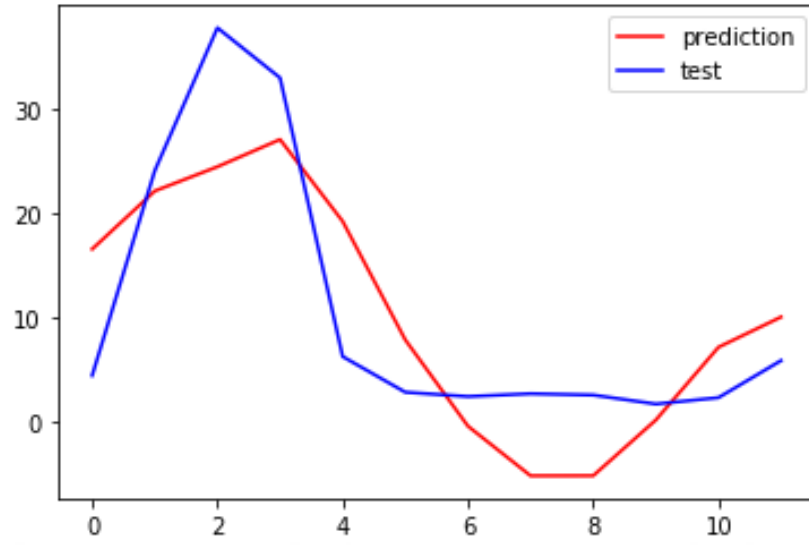
Şekil 4. 11. SARIMA yöntemi kullanılarak yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.

4.2. DIŞSAL ETKEN FAKTÖRÜ İLE AKIMIN AR MODELLEMELERİ

Çalışmada kullanılan aylık akım değerleriyle birlikte dışsal etken olarak aylık toplam yağış, aylık en çok yağış, aylık sıcaklık, aylık nispi nem, aylık buharlaşma değerleri ayrı ayrı model oluşturularak her birinin sonuçları aşağıda görüldüğü şekilde elde edilmektedir.

4.2.1 Toplam Yağış Dışsal Etken Faktörü İle Akımın AR Modeli

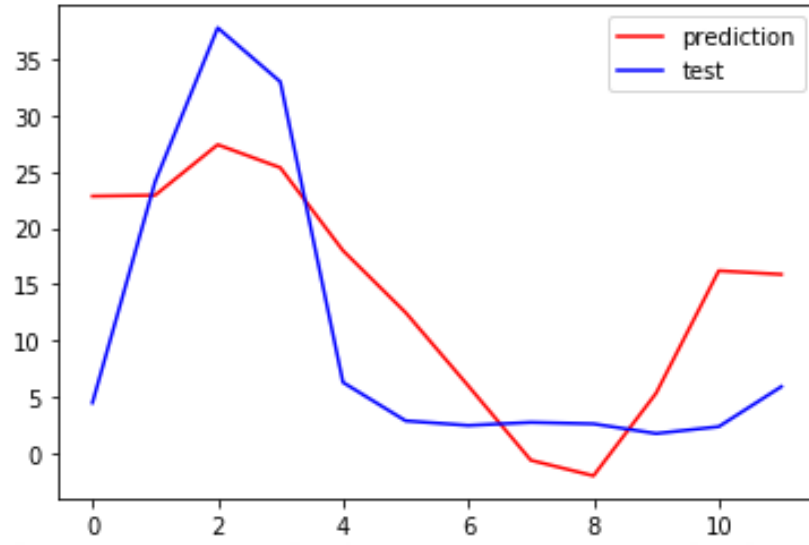
Sakarya Havzası D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonu 1970-1999 yılları arasındaki aylık akım ve aylık toplam yağış verileri kullanılmıştır. İlk olarak 1970-1998 yılları arasındaki 28 yıllık 696 adet akım ve toplam yağış verisi eğitim amaçlı yazılıma tanıtılmış ardından 29. yıl olan 1999 yılı aylık akım verisi AR yöntemi ile tahmin edilmiştir. Bu modellemede dışsal etken olarak aylık toplam yağış seçilmiştir. Tahmin verisi ile gerçek 1999 yılı aylık akım verisi aynı grafik üzerinde gösterilmiştir. Ele alınmış 11 gecikmeli AR modelinin farklı çözümlemelerinden en iyi tahmin seçilmiştir. HKOK 7.798 bulunmuştur.



Şekil 4. 12. AR yöntemi ile dışsal etken toplam yağış seçilerek yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.

4.2.2 En Çok Yağış Dışsal Etken Faktörü İle Akımın AR Modeli

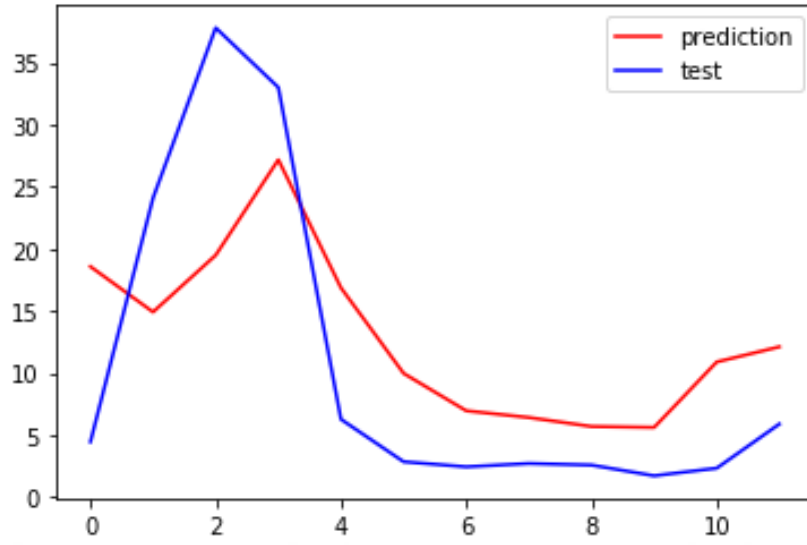
Sakarya Havzası D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonu 1970-1999 yılları arasındaki aylık akım ve en çok yağış verileri kullanılmıştır. İlk olarak 1970-1998 yılları arasındaki 28 yıllık 696 adet akım ve en çok yağış verisi eğitim amaçlı yazılıma tanıtılmış ardından 29. yıl olan 1999 yılı aylık akım verisi AR yöntemi ile tahmin edilmiştir. Bu modellemede dışsal etken olarak en çok yağış seçilmiştir. Tahmin verisi ile gerçek 1999 yılı aylık akım verisi aynı grafik üzerinde gösterilmiştir. Ele alınmış 10 gecikmeli AR modelinin farklı çözümlerinden en iyi tahmin seçilmiştir. HKOK 9.510 bulunmuştur.



Şekil 4. 13. : AR yöntemi ile dışsal etken en çok yağış seçilerek yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.

4.2.3 Sıcaklık Dışsal Etken Faktörü İle Akımın AR Modeli

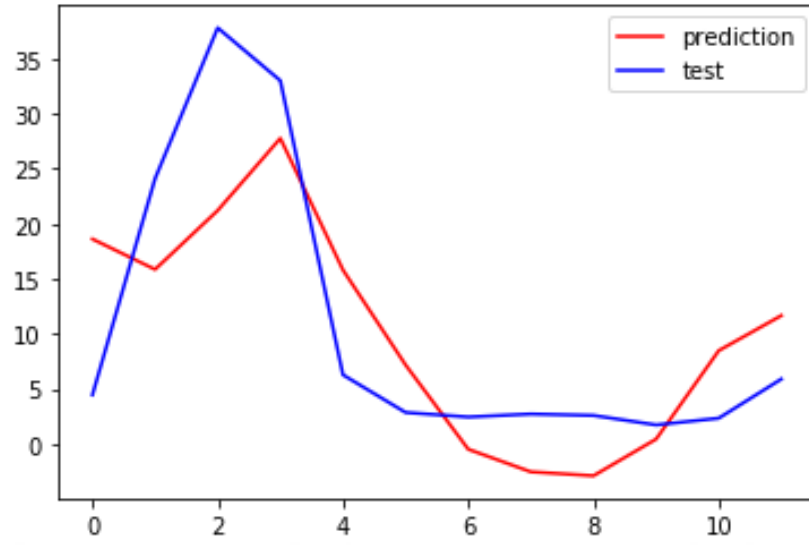
Sakarya Havzası D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonu 1970-1999 yılları arasındaki aylık akım ve aylık sıcaklık verileri kullanılmıştır. İlk olarak 1970-1998 yılları arasındaki 28 yıllık 696 adet akım ve sıcaklık verisi eğitim amaçlı yazılıma tanıtılmış ardından 29. yıl olan 1999 yılı aylık akım verisi AR yöntemi ile tahmin edilmiştir. Bu modellemede dışsal etken olarak sıcaklık seçilmiştir. Tahmin verisi ile gerçek 1999 yılı aylık akım verisi aynı grafik üzerinde gösterilmiştir. Ele alınmış 11 gecikmeli AR modelinin farklı çözümlmelerinden en iyi tahmin seçilmiştir. HKOK 9.068 bulunmuştur.



Şekil 4. 14. AR yöntemi ile dışsal etken sıcaklık seçilerek yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.

4.2.4 Buharlaşma Dışsal Etken Faktörü İle Akımın AR Modeli

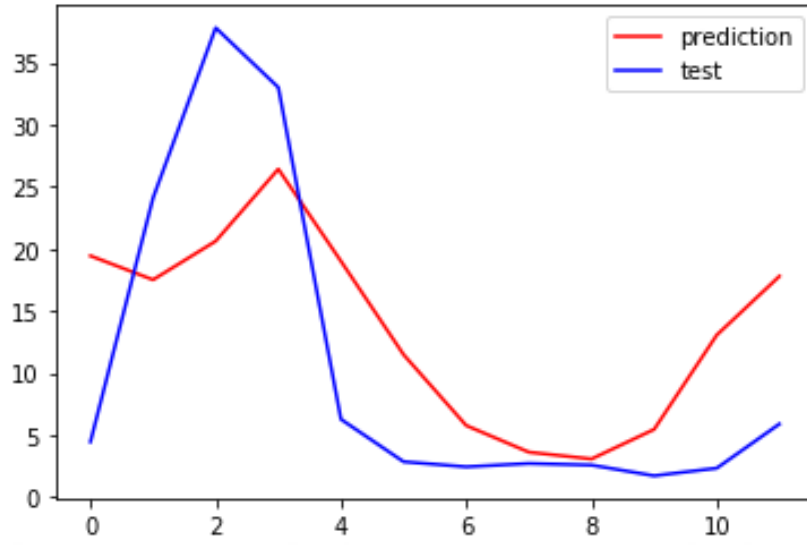
Sakarya Havzası D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonu 1970-1999 yılları arasındaki aylık akım ve aylık buharlaşma verileri kullanılmıştır. İlk olarak 1970-1998 yılları arasındaki 28 yıllık 696 adet akım ve buharlaşma verisi eğitim amaçlı yazılıma tanıtılmış ardından 29. yıl olan 1999 yılı aylık akım verisi AR yöntemi ile tahmin edilmiştir. Bu modellemede dışsal etken olarak buharlaşma seçilmiştir. Tahmin verisi ile gerçek 1999 yılı aylık akım verisi aynı grafik üzerinde gösterilmiştir. Ele alınmış 11 gecikmeli AR modelinin farklı çözümlerlerinden en iyi tahmin seçilmiştir. HKOK 8.264 bulunmuştur.



Şekil 4. 15. AR yöntemi ile dışsal etken buharlaşma seçilerek yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.

4.2.5. Nispi Nem Dışsal Etken Faktörü İle Akımın AR Modeli

Sakarya Havzası D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonu 1970-1999 yılları arasındaki aylık akım ve aylık nispi nem verileri kullanılmıştır. İlk olarak 1970-1998 yılları arasındaki 28 yıllık 696 adet akım ve nispi nem verisi eğitim amaçlı yazılıma tanıtılmış ardından 29. yıl olan 1999 yılı aylık akım verisi AR yöntemi ile tahmin edilmiştir. Bu modellemede dışsal etken olarak nispi nem seçilmiştir. Tahmin verisi ile gerçek 1999 yılı aylık akım verisi aynı grafik üzerinde gösterilmiştir. Ele alınmış 11 gecikmeli AR modelinin farklı çözümlemelerinden en iyi tahmin seçilmiştir. HKOK 9.685 bulunmuştur.



Şekil 4. 16. AR yöntemi ile dışsal etken nispi nem seçilerek yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.

4.3. ÇOKLU DIŞSAL ETKEN FAKTÖRÜ İLE AKIMIN AR MODELLEMESİ

Sakarya Havzası D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonu 1970-1999 yılları arasındaki aylık akım, aylık toplam yağış, en çok yağış, buharlaşma, sıcaklık, nispi nem verileri kullanılmıştır. İlk olarak 1970-1998 yılları arasındaki 28 yıllık akım ve diğer dışsal etkenlerin verisi eğitim amaçlı yazılıma tanıtılmış ardından 29. yıl olan 1999 yılı aylık akım verisi AR yöntemi ile tahmin edilmiştir. Tahmin verisi ile gerçek 1999 yılı aylık akım verisi aynı grafik üzerinde gösterilmiştir. Yazılım üzerinde birden fazla tahmin sonucu elde edilmiş aralarında ki HKOK'si en düşük olanı seçilmiştir.

Bu kısımda ilk olarak akım verisi tahmininde AR yöntemi kullanarak mevcuttaki dışsal etkenler; aylık toplam yağış, en çok yağış, buharlaşma, sıcaklık ve nem iki adet dışsal etken olacak şekilde akım tahmininde bulunulmuş ve HKOK'si en düşük olan ikili belirlenmiştir.

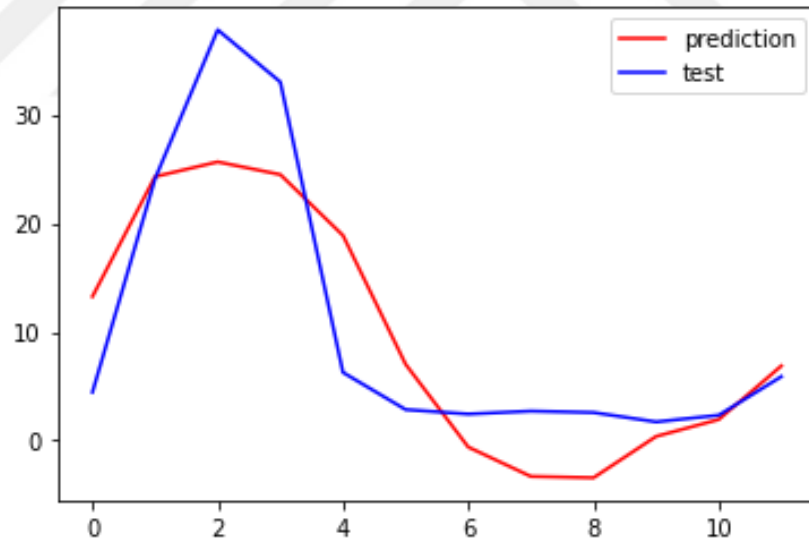
Ardından aynı veriler ile AR yöntemi kullanılarak üç adet dışsal etken olacak şekilde akım tahmininde bulunulmuş ve HKOK'si en düşük üçlü belirlenmiştir.

Ardından aynı veriler ile AR yöntemi kullanılarak dört adet dışsal etken olacak şekilde akım tahmininde bulunulmuş ve HKOK'si en düşük dörtlü belirlenmiştir.

Son olarak ise AR yöntemi kullanılarak toplamda beş adet olan tüm dışsal etkenler işleme dahil edilmiş ve HKOK'si en düşük olanı belirlenmiştir.

4.3.1. AR Yöntemi Kullanılarak İki Adet Dışsal Etken Faktörü İle Yapılan Modelleme

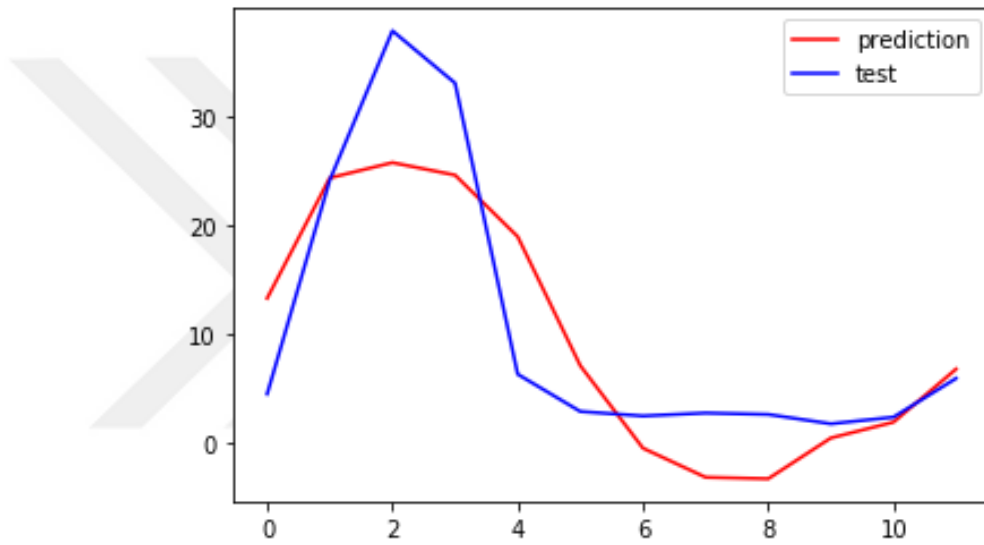
Ele alınan 11 gecikmeli AR yöntemi kullanarak mevcuttaki dışsal etkenler; aylık toplam yağış, en çok yağış, buharlaşma, sıcaklık ve nem ile birlikte toplam 5 adet dışsal etken kullanılarak on farklı model denenmiş, HKOK'si en düşük olan ikili belirlenmiştir. HKOK'si en düşük olan iki dışsal etken aylık toplam yağış ve en çok yağış etkenleridir. HKOK 6.823 bulunmuştur.



Şekil 4. 17. AR yöntemi ile dışsal etkenler aylık toplam yağış ve en çok yağış seçilerek yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.

4.3.2. AR Yöntemi Kullanılarak Üç Adet Dışsal Etken Faktörü İle Yapılan Modelleme

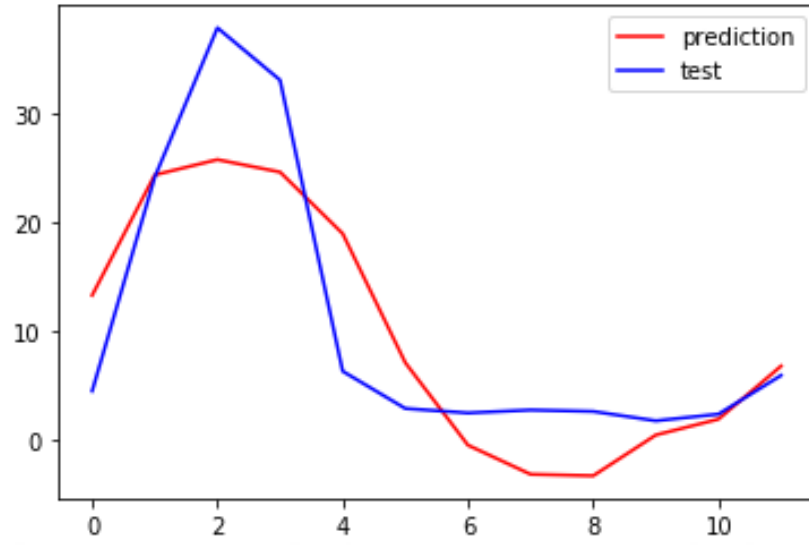
Ele alınan 11 gecikmeli AR yöntemi kullanarak mevcuttaki dışsal etkenler; aylık toplam yağış, en çok yağış, buharlaşma, sıcaklık ve nem ile birlikte toplam 5 adet dışsal etken kullanılarak on farklı model denenmiş, HKOK'si en düşük olan üçlü belirlenmiştir. KHOK'si en düşük olan üç dışsal etken aylık toplam yağış, en çok yağış ve nem etkenleridir. HKOK 6.792 bulunmuştur.



Şekil 4. 18. AR yöntemi ile dışsal etkenler aylık toplam yağış, en çok yağış ve nem seçilerek yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.

4.3.3. AR Yöntemi Kullanılarak Dört Adet Dışsal Etken Faktörü İle Yapılan Modelleme

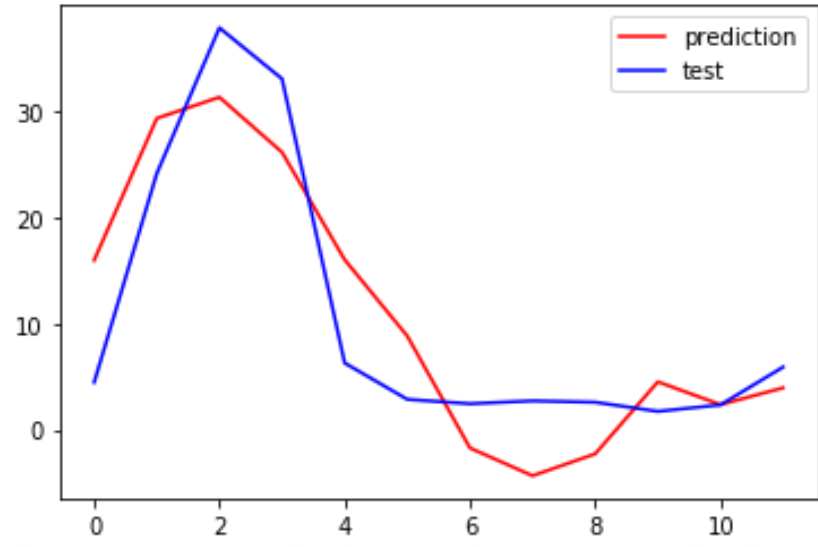
Ele alınan 11 gecikmeli AR yöntemi kullanarak mevcuttaki dışsal etkenler; aylık toplam yağış, en çok yağış, buharlaşma, sıcaklık ve nem ile birlikte toplam 5 adet dışsal etken kullanılarak beş farklı model denenmiş, HKOK'si en düşük olan dördü belirlenmiştir. HKOK'si en düşük olan dört dışsal etken aylık toplam yağış, en çok yağış, buharlaşma ve nem etkenleridir. HKOK 6,350 bulunmuştur.



Şekil 4. 19. AR yöntemi ile dışsal etkenler aylık toplam yağış, en çok yağış, buharlaşma ve nem seçilerek yapılan D12A017 Kızılcahamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.

4.3.4. AR Yöntemi Kullanılarak Beş Adet Dışsal Etken Faktörü İle Yapılan Modelleme

Ele alınan 11 gecikmeli AR yöntemi kullanarak mevcuttaki dışsal etkenler; aylık toplam yağış, en çok yağış, buharlaşma, sıcaklık ve nem ile birlikte toplam 5 adet dışsal etken kullanılarak işlem yapılmış HKOK'si en düşük olan model belirlenmiştir. HKOK 6.332 bulunmuştur.



Şekil 4. 20. AR yöntemi ile dışsal etkenler aylık toplam yağış, en çok yağış, buharlaşma, nem ve sıcaklık seçilerek yapılan D12A017 Kızılcabamam D. – Mandıra istasyonuna ait gerçek 1999 yılı verisi ile tahmin 1999 yılı verisinin grafiği.

4.4 TÜM MODEL SONUÇ BULGULARI

Elimdeki değişkenlerle dışsal etkenlerin model sonuçlarına etkilerini incelerken ihtimal olan bütün durumlar ele alınmış ve en az hata veren durumlar seçilmiştir. Bu şekilde elde edilmiş en iyi 14 modelin HKOK değerleri aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Çizelge 4. 2. Elde edilen modellerin sonuçları

SIRA	MODEL	DIşSAL ETKEN	HKOK
1	AR	-	8.731
2	MA	-	13.120
3	ARMA	-	8.835
4	ARIMA	-	15.397
5	SARIMA	-	11.891
6	AR	AYLIK TOPLAM YAğIş	7.798
7	AR	MAKSİMUM YAğIş	9.510
8	AR	SICAKLIK	9.068
9	AR	BUHARLAşMA	8.264
10	AR	NEM	9.685
11	AR	AYLIK TOPLAM YAğIş MAKSİMUM YAğIş	6.823
12	AR	AYLIK TOPLAM YAğIş MAKSİMUM YAğIş NEM	6.792
13	AR	AYLIK TOPLAM YAğIş MAKSİMUM YAğIş NEM BUHARLAşMA	6.350
14	AR	AYLIK TOPLAM YAğIş MAKSİMUM YAğIş NEM BUHARLAşMA SICAKLIK	6.332

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Zaman serisi analizinde geçmişte yapılan çalışmalardan farklı olarak yapılan bu çalışmada dışsal etkenler eklenmiş ve tahminlerin gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

HKOK miktarı 8.731 çıkan AR modelinin trende göre başında biraz zıtlık görülsede sonrasında trende uyduğu gözlenmiştir.

MA modeli ile elde edilen tahmin değerlerinin verinin gerçek trendine uygun olmadığı gözlemlenmiş ve bu durum sebebiyle MA modelinin kendi başına kullanılmasının uygun olmadığı anlaşılmıştır.

ARMA modelinin trende daha uygun gidiş gösterdiği gözlenmiş ancak HKOK değerinin AR modeline göre daha yüksek çıktığı görülmüştür.

ARIMA modeli genel olarak hem trende göre daha aşağıda olduğu hem de hata değerinin daha yüksek çıktığı gözlenmiştir. Gerçek akımın trendine başında uysada sonunda trende göre farklı davrandığı görülmüştür.

SARIMA modeli genel trende uygun olmadığı görülmüş ve HKOK miktarı yüksek çıktığı gözlenmiştir.

Dışsal etken faktörü ile yapılan modellemelerde genel trende bakılarak tahminlerin daha başarılı olduğu görülmüştür. Aynı ayrı tahmin yapıldığında genel trende en yakın olan ve HKOK miktarı en düşük olan dışsal etkenler sırası ile toplam yağış, buharlaşma, sıcaklık, en çok yağış ve nispi nem olarak gözlenmiştir.

Dışsal etken sayısı artırıldığında tahminlerin genel trende daha yakın olduğu ve HKOK miktarının düştüğü görülmüştür. Farklı kombinasyonlarla yapılan modellemeler sonucunda en iyi ikili; toplam yağış ve en çok yağıştır. En iyi üçlü; toplam yağış, en çok yağış, nem olarak belirlenmiş ve en iyi dörtlü olarak ise; toplam yağış, en çok yağış, buharlaşma ve nem olduğu görülmüştür. Dışsal etkenlerin tamamı ile model kurulduğunda ise en düşük HKOK görülmüş ve genel trende yakın olduğu gözlenmiştir.

Korelasyon katsayıları incelendiğinde sıcaklık ve buharlaşma gibi 0,904 korelasyona sahip olan değişkenlerin zaman serisi modellerindeki etkileri başka bölgelerdeki verilerle de çalışılarak model tahminindeki etkileri araştırılmalıdır.

Bu çalışma ışığında ileride güncel kayıtlarla trendin uygunluğuna tekrar bakılıp farklı havzalarda incelenmelidir. Ayrıca aylık akım tahmininde AR modeline kıyasla en yakın HKOK miktarı olan ARMA modeli de dışsal etken faktörü kullanılarak çalışma yapılmalıdır.

Yapılan bu çalışma ile su yapılarının planlanması ve projelendirmesinde ihtiyaç olacak sentetik serilerin üretilmesi için zaman serisi modellerinden de faydalanılabileceği gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Elmalı, M., "Türkiye akarsu havzalarındaki yıllık ortalama akımların trend analizi", *Erzurum Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2019).
2. Türkeş, M., "Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler", *İklim Değişikliği Ve Çevre*, 1: 26–37 (2008).
3. Internet: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, "Toprak ve su kaynakları", <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari> (2020).
4. Türkeş, M., "Türkiye’de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme", *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1–32 (2012).
5. Bacanlı, Ü. G. and Baran, T., "Stokastik modellerde yıllık akım verilerinde uygunluk kriterlerinin değerlendirilmesi", (2004).
6. Box, G. E. P. and Jenkins, G., "Time Series Analysis", San Francisco, (1970).
7. Berryman, D., Bobee, B., Cluis, D., and Haemmerli, J., "Nonparametrik test for trend detection", *Water Quality Time Series*, (1988).
8. Papadimitriou, A. and Maheras, P., "Some statistical characteristics of air temperature variations at four mediterranean stations.", (1991).
9. Toros, H., "Klimatolojik serilerden türkiye genelinde trend analizi.", Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, (1993).
10. Yu, Y.-S., Zou, S., and Whittemore, D., "Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas", *Journal Of Hydrology*, (150): 61–80 (1993).
11. İçağa, Y., "Analysis of trends in water quality using nonparametric methods", *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (1994).
12. Lettenmaier, D. P., Wood, E. F., and Wallis, J. R., "Hydro-Climatological trends in the continental United States", *Journal Of Climate*, (7): 586–607 (1994).
13. İçağa, Y. and Harmancıoğlu, N., "Yeşilırmak havzasında su kalitesi eğilimlerinin belirlenmesi.", (1995).
14. Türkeş, M., Kılıç, G., and Sümer, U. M., "Variations and trends in annual mean air temperatures in Turkey with respect to climatic variability", *International Journal Of Climatology*, 15 (5): 557–569 (1995).

15. Kothiyari, U. C., Singh, V. P., and Aravamuthan, V., "an investigation of changes in rainfall and temperature regimes of the ganga basin in India", **Water Resources Management**, 11: 17–34 (1997).
16. Kadioğlu, M., "Trends in surface air temperature data over Turkey.", **International Journal Of Climatology**, 17: 511–520 (1997).
17. Moreas, K. M., Pellegrino, G. Q., Bakkester, M. V., Martinelli, L. A., Victorioa, R. L., and Krusche, A. V., "Trends in hydrological parameters of a southern brazilian watershed and its relation to human induced changes", **Water Resources Management**, 12: 295–311 (1998).
18. Gan, T. Y., "Hydroclimatic trends and possible climatic warming in the Canadian Prairies", **Water Resources Research**, 34: 3009–3015 (1998).
19. Karabörk, M. Ç. and Kahya, E., "Göksu Nehri'nin yıllık ve aylık akımlarının stokastik modellenmesi", **Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 13 (1): 23–36 (1998).
20. Lins, H. F. and Slack, J. R., "Streamflow trends in United States", **Geophysical Research Letters**, (26): 227–230 (1999).
21. Serrano, A., Garcia, J. A., Mateos, V. L., Cancillo, M. L., and Garrido, J., "Monthly of variation of presipitation over the Iberion Peninsula", **Journal Of Climate**, 12: 894–919 (1999).
22. Kosif, K., "Yeşilırmak havzası iklim parametrelerinin trend analizi", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, (1999).
23. Douglas, E. M., Vogel, R. M., and Kroll, C. N., "Trends in floods and low flows in the United States: impact of spatial correlation", **Journal Of Hydrology**, 240: 90–105 (2000).
24. Kosif, K., "Samsun ilinde iklim trendleri", **DSİ Teknik Bülteni**, 93: 3–13 (2001).
25. Zhang, X., Harvey, K. D., Hogg, W. D., and Yuzyk, T. R., "Trends in Canadian streamflow.", **Water Resources Research**, 37 (4): 987–998 (2001).
26. Burn, D. H. and Elnur, M. A. H., "Detection of hydrologic trends and variability", **Journal Of Hydrology**, 255: 107–122 (2002).
27. Akyürek, M., "Türkiye yıllık ortalama akımlarının trend analizi", Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, (2003).
28. Kahya, E. and Kalaycı, S., "Trend analysis of streamflow in Turkey", **Journal Of Hydrology**, 1–17 (2003).
29. Kahya, E. and Kalaycı, S., "Trend analysis of streamflow in Turkey", **Journal**

Of Hydrology, 289 (1): 128–144 (2004).

30. Özel, N., "Türkiye'deki nehir akımları aylık verilerinin parametrik olmayan yöntemlerle trend analizi", Yüksek Lisans Tezi, **SÜ Fen Bilimleri Enstitüsü**, (2004).
31. Cigizoglu, H. K., Bayazit, M., and Önöz, B., "Trends in the maximum, mean, and low flows of Turkish rivers.", **Journal Of Hydrometeorology**, 6 (3): 280–290 (2005).
32. Wen, F. and Chen, X., "Evaluation of the Impact of groundwater irrigation on streamflow in Nebraska.", **Journal Of Hydrology**, 327: 603–617 (2005).
33. Yürekli, K., Kurunc, A., and Ozturk, F., "Application of linear stochastic models to montly flow data of Kelkit stream", **Ecological Modelling**, 183: 67–75 (2005).
34. Tonkaz, T. and Çetin, M., "Effects of urbanization and land-use type on monthly extreme temperatures in a developing semi-arid region, Turkey", **Journal Of Arid Environments**, 68 (1): 143–158 (2006).
35. Gümüş, V., "Fırat havzası akımlarının trend analizi ile değerlendirilmesi", **Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** (2006).
36. Özfidaner, M., "Türkiye yağış verilerinin trend analizi ve nehir akımları üzerine etkisi", Yüksek Lisans Tezi, **Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, (2007).
37. Can, İ. and Yerdelen, C., "Susurluk Havzası'nda M. Kemal Paşa Çayı'nın aylık akımlarının otoregresif hareketli ortalama (ARMA) modeli", **Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 20 (3): 25–34 (2008).
38. Uçgun, E., "Kızılırmak Havzası'ndaki hidrometeorolojik verilerin trend analizi.", Yüksek Lisans Tezi, **Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, (2010).
39. Nemli, M. Ö., "Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yıllık maksimum yağışların trend analizi.", Yüksek Lisans Tezi, **Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, (2017).
40. Namlı, Y., "Fırat-Dicle ve Yeşilirmak Havzalarında taşkın trend analizi", Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, (2019).
41. Yaykiran, S., "Sakarya Havzası'nın yüksek çözünürlüklü hidrolojik modelinin yapılandırılması", Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul** (2016).
42. Helsel, D. R. and Hirsch, R. M., "Statistical methods in water resources", **Elsevier Science Publishers B.V.**, (1992).

43. Köksal, B. A., "İstatistik Analiz Metotları.", *Çağlayan Kitabevi*, İstanbul, (1998).
44. Mabert, V. A. and Radeliffe, R. C., "A forecasting methodology as applied to financial serie", *The Accounting Eview*, C. 49: 61 (1974).
45. Özçelik, S., "İktisadi zaman serilerinde tahmin yöntemleri istanbul ticaret odası toptan eşya fiyatları imdexi üzerine bir uygulama", *Erzurum Atatürk Üniversitesi*, (1980).
46. H.Naylor, T., G.Seaks, T., and Wichern, D. W., "Box jenkins methods: an alternative to econometric models", *International Statistical Review*, C. 40 (2): 125 (1972).
47. Bayata, H. F. and Hattatoğlu, F., "Erzincan ili için farklı yöntemlerle trafik kaza tahmin modellemesi", *EÜFBED - Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4 (1): 31–46 (2011).

ÖZGEÇMİŞ

Rıdvan KATIRCILAR, ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Kırmırlı Fazilet Olcay Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2013 yılında Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde öğrenime başlayıp iyi derece ile 2018 yılında mezun oldu. 2020 yılında Şantiye şefi olarak Yoldaş Endüstri Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş. Lojistik Depo projesinde görev yaptı. 2021 yılından faal olarak görevine devam etmekte olduğu Fidan Yapı Konut projesinde Şantiye şefi olarak görev almaktadır. 2018 yılında kabul gördüğü Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans programında öğrenimine devam etmektedir.