

T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



BATI KARADENİZ HAVZASI'NDA TREND ANALİZİ
YÖNTEMLERİYLE KURAKLIK ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

HAKAN AYDIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PROF. DR. KASIM YENİGÜN

AĞUSTOS - 2022

KASTAMONU

TEZ ONAYI

HAKAN AYDIN tarafından hazırlanan “**BATI KARADENİZ HAVZASI’NDA TREND ANALİZİ YÖNTEMLERİYLE KURAKLIK ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **22.08.2022** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Prof. Dr. Kasım YENİGÜN Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Selçuk MEMİŞ Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Oğuz ŞİMŞEK Harran Üniversitesi	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü	Doç. Dr. Osman ÇİÇEK	
----------------	----------------------	-------

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Hakan AYDIN

22/08/2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BATI KARADENİZ HAVZASI'NDA TREND ANALİZİ YÖNTEMLERİYLE KURAKLIK ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

HAKAN AYDIN

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN:PROF. DR. KASIM YENİGÜN

Su kaynaklarının korunması ve işletilmesi insanlık tarihi boyunca önemini korumuştur. Günümüzde küresel ısınmanın etkisiyle birlikte, havza planlama ve kuraklık önleme çalışmaları çok daha fazla önem kazanmıştır. Bu durum mevcut akarsu kaynaklarımızın gelecekteki durumlarını da göz önünde bulundurmamızı elzem bir hale getirmektedir. Akarsularda tespit edilecek aşağı yönlü bir trend o bölgedeki kuraklık etkisinin tespit edilmesi ile sıkı sıkıya ilişkilidir.

Bu makalede Batı Karadeniz Havzası ele alınarak bölge akarsularında trend varlığı araştırılmış ve kuraklık yönünden değerlendirilmiştir. Batı Karadeniz Havzasında yer alan 126 adet akım gözlem istasyonundan verileri elverişli olan 23 tanesi seçilerek öncelikle minimum akımlar derlenmiş ve daha sonra eksik veriler Regresyon Denklemleri yöntemi ile tamamlanmıştır. Devamında veriler trend analizlerine tâbi tutulmuştur. Trend analiz yöntemleri incelenerek parametrik olmayan Mann-Kendall, Spearman'ın Rho Testi, Sen'in Trend Eğim Metodu ve Şen'in Yenilikçi Trend Analiz Testi yöntemleri ile analizler yapılmıştır. Trendlerin başlangıç tarihlerini belirlemek amacıyla Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Yöntemi kullanılmıştır.

Analizleri yapılan 4 istasyonda azalan trend, 2 istasyonda ise artan trend tespit edilmiştir. Trend tespit edilmemekle birlikte 3 istasyonda azalan yönlü trend eğilimi ve 4 istasyonda ise artan yönlü trend eğilimi gözlemlenmiş olup 13 istasyonda ise herhangi bir trend ya da eğilime dair işaret bulunamamıştır. Analizler incelendiğinde birçok istasyonda benzer sonuçlar belirlenmiştir. Farklılık gözlemlenen istasyonlarda tüm yöntemlerin sonuçları irdelenerek doğruya en yakın sonuçlar ortaya çıkarılmıştır. Yapılan analiz çalışmalarının sonuçları harita üzerinde işlenerek sulama alanları ile karşılaştırılmış riskler ve fırsatlara göre değerlendirmeler yapılmıştır.

Çalışma sonuçlarına göre Batı Karadeniz Havzası için tüm havzayı temsil eden tek bir eğilimden bahsedilemez. Havzada kuraklık yönünden riskli alanlar ve tarımsal üretim yönünden fırsatlar sunan bölgeler tespit edilmiştir. Bu farklılaşmada bölgeler arası coğrafik, topoğrafik, iklimsel, jeolojik yapı vb. etkenler etkili olmaktadır. Çalışma Batı Karadeniz Havzası'nın tamamını yansıtan tek bir eğilim olmadığı için çeşitli lokasyonlar için özelleştirilmiş politikalar geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Batı Karadeniz Havzası, Kuraklık, Spearman'ın Rho Testi, Mann-Kendall Testi, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi, Sen'in Trend Eğim Metodu Şen'in Yenilikçi Trend Analiz testi.

ABSTRACT

MSC THESIS

THE EVALUATION OF THE DROUGHT EFFECT IN THE WESTERN BLACK SEA BASIN BY USING THE TREND ANALYSIS TECHNIQUES

HAKAN AYDIN

**KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**

SUPERVISOR: PROF. DR. KASIM YENİĞÜN

Protection and operation of water resources has maintained its importance throughout human history. Today, with the effect of global warming, basin planning and drought prevention studies have gained much more importance. This situation makes it essential for us to consider the future conditions of our current river resources. A downward trend to be detected in rivers is closely related to the determination of the drought effect in that region.

In this article, the Western Black Sea Basin was examined and the trend presence in the rivers of the region was investigated and evaluated in terms of drought. Out of 126 flow observation stations located in the Western Black Sea Basin, 23 with suitable data were selected, and firstly, minimum flows were compiled and then the missing data were completed with the Regression Equations method. Subsequently, the data were subjected to trend analysis. Trend analysis methods were examined and analyzes were made with non-parametric Mann-Kendall, Spearman's Rho Test, Sen's Trend Slope Method and Şen's Innovative Trend Analysis Test methods. The Mann-Kendall Rank Correlation Method was used to determine the start dates of the trends.

Among the analyzed stations, a decreasing trend in 4 stations and an increasing trend in 2 stations were detected. Although no trend was detected, a tendency to decreasing trend were observed in 3 stations and a tendency to increasing trend in 4 stations, and no trend and tendency was found in 13 stations. When the analyzes were examined, similar results were determined in many stations. The results of all methods were examined at the stations where differences were observed, and the closest results were obtained. The results of the analysis studies were processed on the map and evaluations were made according to the risks and opportunities overlapped with the irrigation areas.

According to the results of the study, a single trend representing the entire basin cannot be mentioned for the Western Black Sea Basin. In the basin, risky areas in terms of drought and regions that offer opportunities in terms of agricultural production have been identified. In this differentiation, The geographical, topographic, climatic, geological structure and similar effects can be effective. The study revealed that customized policies should be developed for various locations, as there is no single trend that reflects the entire Western Black Sea Basin.

KEYWORDS: West Black Sea Basin, Drought, Mann-Kendal Test, Mann-Kendall Rank Test, Spearman's Rho Test, Sen's Trend Slope Method, Sen's Innovative Trend Significance Test.

August 2022, 131 Page

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam süresince kıymetli zamanını ayırarak değerli görüş, fikir ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Kasım YENİGÜN'e en içten şükranlarımı sunarım. Yüksek lisans tez jürime katılan sayın Doç. Dr. Selçuk MEMİŞ'e ve Doç. Dr. Oğuz ŞİMŞEK'e teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında yardımlarını esirgemeyen Devlet Su İşleri 23.Bölge Müdürlüğü personeline teşekkür ederim.

Tez çalışmamda akım gözlem istasyonu eksik verilerinin tamamlanması konusunda tecrübelerini ve bilgi birikimini benimle paylaşan Murat IŞILDAK'a teşekkür ederim.

Hayatım boyunca bana maddi manevi desteklerini sunan ve beni yalnız bırakmayan aileme, desteğini her an hissettiğim bu süreçte sabır ve özveri gösteren eşim Zeynep DURU AYDIN'a ve 01.11.2021 tarihinde dünyaya gelen o tarihten itibaren motivasyon kaynağım olan canım oğlum Ömer Alp AYDIN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Hakan AYDIN

Kastamonu, 2022

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR İNCELEMESİ.....	5
2.1 Literatür Özeti.....	5
2.1.1 Kuraklık Üzerine Yapılan Çalışmalar	5
2.1.2 Trend Analizi Üzerine Yapılan Çalışmalar	16
2.1.3 Veri Tamamlama Üzerine Yapılan Çalışmalar.....	27
3. MATERYAL VE YÖNTEM	30
3.1 Materyal	30
3.1.1 Akarsu Akım Verileri	30
3.1.2 Çalışmada Kullanılan Veriler ve Seçilen İstasyonlar	31
3.1.3 Çalışma Alanı; Batı Karadeniz Havzası	36
3.1.3.1 Alt havzalar.....	36
3.1.3.2 Yer şekilleri	37
3.1.3.3 Sulama alanları	38
3.2 Yöntem	42
3.2.1 Regresyon Denklemleri İle Verileri Tamamlama.....	42
3.2.2 Homojenlik Testleri	43
3.2.2.1 Von neumann oran testi (VNRT)	44
3.2.2.1 Pettit testi	45
3.2.2.3 Buishand testi.....	45
3.2.2.4 Standart normal homojenlik testi (SNTH).....	46
3.2.3 Trend Analiz Yöntemleri	47
3.2.3.1 Spearman'ın rho testi	47
3.2.3.2 Mann-Kendall testi	48
3.2.3.3 Sen'in trend eğim metodu.....	50
3.2.3.4 Mann-Kendall mertebe korelasyon testi	50
3.2.3.5 Şen'in yenilikçi trend testi	52
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	55
4.1 Eksik Veri Tamamlama Çalışmaları.....	55
4.2 Homojenlik Testlerinin Bulguları.....	55
4.3 Trend Analiz Testleri Bulguları	56
4.3.1 Spearman'ın Rho Testi Bulguları	56
4.3.2 Mann-Kendall Testi Bulguları	57
4.3.3 Sen'in Trend Eğim Metodu Bulguları	58
4.3.4 Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi Bulguları	59

4.3.5	Şen'in Yenilikçi Trend Analizi Testi Bulguları.....	69
4.4	Trend Analizlerinin Örnek İstasyonda Uygulaması	77
4.4.1	Spearman'ın Rho Testi	78
4.4.2	Mann-Kendall Testi	79
4.4.3	Sen'in Trend Eğim Metodu	80
4.4.4	Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi	80
4.4.5	Şen'in Yenilikçi Trend Testi	83
4.5	Batı Karadeniz Havzası Geneli Bulguların İrdelenmesi.....	84
4.6	Alt Havzalar Kapsamında Bulguların İrdelenmesi.....	90
5.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	101
5.1	Sonuçlar	101
5.2	Öneriler	104
KAYNAKLAR		108
EK A.	Standart Normal Dağılım Tablosu	115
EK B.	Sen'in Trend Eğim Metodu Grafikleri	116
EK C.	Batı Karadeniz Havzası Sulamaları (DSİ Tarafından İşletilen)	124
EK D.	Batı Karadeniz Havzası Akım Gözlem İstasyonları	126
ÖZGEÇMİŞ.....		131

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1	Batı Karadeniz Havzası akım gözlem istasyonları	33
Şekil 3.2	Çalışma kapsamında kullanılmak üzere seçilen istasyonlar	34
Şekil 3.3	Batı Karadeniz Havzası'nın Türkiye'deki konumu	36
Şekil 3.4	Batı Karadeniz Havzası genel havza bölümleri	37
Şekil 3.5	Batı Karadeniz Havzası DEM (Digital Elevation Model) verisi	38
Şekil 3.6	Alt havzalara göre sulama alanları dağılımı	39
Şekil 3.7	Sulama alanlarına ait özellikler	41
Şekil 3.8	Verilerin Şen'in yenilikçi trend analizi ile değerlendirilmesi	53
Şekil 3.9	Şen'in yenilikçi trend analizi yöntemi ile verilerin sınıflandırılması ...	53
Şekil 4.1	D13A014 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	60
Şekil 4.2	D13A015 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	60
Şekil 4.3	D13A022 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	61
Şekil 4.4	D13A032 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	61
Şekil 4.5	D13A036 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	61
Şekil 4.6	D13A037 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	62
Şekil 4.7	D13A040 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	62
Şekil 4.8	D13A045 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	62
Şekil 4.9	D13A046 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	63
Şekil 4.10	D13A049 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	63
Şekil 4.11	D13A052 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	64
Şekil 4.12	E13A002 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	64
Şekil 4.13	E13A007 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	64
Şekil 4.14	E13A014 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	65
Şekil 4.15	E13A019 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	65
Şekil 4.16	E13A027 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	66
Şekil 4.17	E13A031 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	66
Şekil 4.18	E13A032 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	67
Şekil 4.19	E13A034 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	67
Şekil 4.20	E13A035 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	67
Şekil 4.21	E13A036 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	68
Şekil 4.22	E13A040 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	68
Şekil 4.23	E13A043 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	68
Şekil 4.24	D13A014, D13A015, D13A022 ve D13A032 numaralı akım gözlem istasyonları Şen'in yenilikçi eğilim yöntemine göre eğilim grafikleri..	69
Şekil 4.25	D13A036, D13A037, D13A040 ve D13A045 numaralı akım gözlem istasyonları Şen'in yenilikçi eğilim yöntemine göre eğilim grafikleri..	70
Şekil 4.26	D13A046, D13A049, D13A052 ve E13A002 numaralı akım gözlem istasyonları Şen'in yenilikçi eğilim yöntemine göre eğilim grafikleri..	72
Şekil 4.27	E13A007, E13A014, E13A019 ve E13A027 numaralı akım gözlem istasyonları Şen'in yenilikçi eğilim yöntemine göre eğilim grafikleri..	73
Şekil 4.28	E13A031, E13A032, E13A034 ve E13A035 numaralı akım gözlem istasyonları Şen'in yenilikçi eğilim yöntemine göre eğilim grafikleri..	75
Şekil 4.29	E13A036, E13A040 ve E13A043 numaralı akım gözlem istasyonları Şen'in yenilikçi eğilim yöntemine göre eğilim grafikleri	76

Şekil 4.30	Örnek istasyon için Sen'in trend eğim metodu grafiği	80
Şekil 4.31	D13A014 numaralı örnek AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği	83
Şekil 4.32	D13A014 (1985-2020) Şen (2012) metodu sonuçları	83
Şekil 4.33	Batı Karadeniz Havzası trend eğilimleri	87
Şekil 4.34	Digital Elevation Model (DEM) verilerinin sulama alanları ile trend eğilimlerinin ortak gösterimi	88
Şekil 4.35	Sulama alanları ile trend eğilimlerinin ortak gösterimi	89
Şekil 4.36	Devrekani-Beyler ve Devrekani-Kulaksızlar alt havzaları	91
Şekil 4.37	Düzce-Efteni alt Havzası	95
Şekil 4.38	Bartın alt havzası	97
Şekil 4.39	Karabük alt havzası	98
Şekil 4.40	Çerkeş-Akhasan ve Çerkeş-Hacılar alt havzaları	99
Şekil 4.41	Sinop alt havzası	100
Şekil B.1	Sen'in trend eğim metoduna göre Q_i parametreleri (D13A014)	116
Şekil B.2	Sen'in trend eğim metoduna göre Q_i parametreleri (D13A015)	116
Şekil B.3	Sen'in trend eğim metoduna göre Q_i parametreleri (D13A022)	116
Şekil B.4	Sen'in trend eğim metoduna göre Q_i parametreleri (D13A032)	117
Şekil B.5	Sen'in trend eğim metoduna göre Q_i parametreleri (D13A036)	117
Şekil B.6	Sen'in trend eğim metoduna göre Q_i parametreleri (D13A037)	117
Şekil B.7	Sen'in trend eğim metoduna göre Q_i parametreleri (D13A040)	118
Şekil B.8	Sen'in trend eğim metoduna göre Q_i parametreleri (D13A045)	118
Şekil B.9	Sen'in trend eğim metoduna göre Q_i parametreleri (D13A046)	118
Şekil B.10	Sen'in trend eğim metoduna göre Q_i parametreleri (D13A049)	119
Şekil B.11	Sen'in trend eğim metoduna göre Q_i parametreleri (D13A052)	119
Şekil B.12	Sen'in trend eğim metoduna göre Q_i parametreleri (E13A002)	119
Şekil B.13	Sen'in trend eğim metoduna göre Q_i parametreleri (E13A007)	120
Şekil B.14	Sen'in trend eğim metoduna göre Q_i parametreleri (E13A014)	120
Şekil B.15	Sen'in trend eğim metoduna göre Q_i parametreleri (E13A019)	120
Şekil B.16	Sen'in trend eğim metoduna göre Q_i parametreleri (E13A027)	121
Şekil B.17	Sen'in trend eğim metoduna göre Q_i parametreleri (E13A031)	121
Şekil B.18	Sen'in trend eğim metoduna göre Q_i parametreleri (E13A032)	121
Şekil B.19	Sen'in trend eğim metoduna göre Q_i parametreleri (E13A034)	122
Şekil B.20	Sen'in trend eğim metoduna göre Q_i parametreleri (E13A035)	122
Şekil B.21	Sen'in trend eğim metoduna göre Q_i parametreleri (E13A036)	122
Şekil B.22	Sen'in trend eğim metoduna göre Q_i parametreleri (E13A040)	123
Şekil B.23	Sen'in trend eğim metoduna göre Q_i parametreleri (E13A043)	123

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1 Kuraklık indisleri tablosu.....	6
Tablo 3.1 Batı Karadeniz Havzası çalışma kapsamında seçilen istasyonlara ait bilgiler tablosu.....	35
Tablo 3.2 Sulama aşamasal oranları.....	39
Tablo 3.3 İllere göre sulama alanları.....	40
Tablo 3.4 Sulama yöntemlerine göre dağılım	40
Tablo 3.5 İşletmedeki sulamaların yöntem dağılımı.....	40
Tablo 3.6 Veri sayısına göre %95 ve %99 güven aralıkları için N_{VN} kritik değerleri.....	44
Tablo 3.7 Veri sayısına göre %95 ve %99 güven aralıkları için X_k kritik değerleri.....	45
Tablo 3.8 Veri sayısına göre %95 ve %99 güven aralıkları için $R/\sqrt{n}$ kritik değerleri.....	46
Tablo 3.9 Veri sayısına göre %95 ve %99 güven aralıkları için T_0 kritik değerleri.....	47
Tablo 4.1 Spearman'ın rho testi analiz sonuçları.....	57
Tablo 4.2 Mann-Kendall analizi test sonuçları	58
Tablo 4.3 Sen'in trend eğim metodu test sonuçları.....	59
Tablo 4.4 $u(t)$ fonksiyonu hesabı	81
Tablo 4.5 $u'(t)$ fonksiyonu hesabı.....	82
Tablo 4.6 Batı Karadeniz Havzası geneli trend analiz sonuçları	85
Tablo 4.7 Detaylandırma çalışmaları yapılan alt havzalar.....	90
Tablo 4.8 Beyler Sulaması bitki deseni	92
Tablo 4.9 Kulaksızlar Sulaması bitki deseni.....	92
Tablo 4.10 Ürün verim ve birim fiyat listesi.....	93
Tablo 4.11 Sulu tarım yapılması durumu için gelir hesap tablosu.....	93
Tablo 4.12 Kuru tarım yapılması durumu için gelir hesap tablosu.....	94
Tablo 4.13 Düzce Ovası normal koşullarda uygulanacak bitki deseni	96
Tablo 4.14 Düzce Ovası kurak yılda uygulanacak bitki deseni	96
Tablo 4.15 Kozcağız Barajı Sulaması bitki deseni	97

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

r_x	: Korelasyon katsayısı
r_s	: Spearman'ın Rho testi değeri
$u(t)$	: Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi test istatistiği
ET_o	: Evapotranspirasyon
H_0	: Sıfır hipotezi
H_1	: Alternatif hipotez
S	: Mann-Kendall test istatistiği
Z	: Alternatif hipotez
$Z_{\alpha/2}$	: α anlamlılık düzeyi için normal dağılımın kritik değeri
σ_s	: Standart sapma
$Var(s)$	: S değerinin varyansı
x_i ve y_i	: AGİ lere ait aynı dönemde ölçülen akım verileri
$\bar{x}$ ve $\bar{y}$	: AGİ lere ait akım verilerinin ortalama değerleri

Kısaltmalar

AAI	: Aridity Anomaly Index (Kuraklık Anomali İndeksi)
ADI	: Aggregate Dryness Index (Agrega Kuruluk İndeksi)
AI	: Aridity Index (Kuraklık İndeksi)
AGİ	: Akım gözlem istasyonu
AgMERRA	: Agricultural Modern-Era Restrospective Analysis for Research and Applications
ARID	: Agricultural Reference Index for Drought (Kuraklık İçin Tarımsal Referans Endeksi)
ASCE	: American Society of Civil Engineers (Amerikan İnşaat Mühendisleri Derneği)
CDI	: Combined Drought Indicator (Birleşik Kuraklık Göstergesi)
CMI	: Crop Moisture Index (Mahsul Nem İndeksi)
CSDI	: Crop-specific Drought Index (Ürüne Özgü Kuraklık İndeksi)
CZI	: China-Z Index (Çin Z İndeksi)
DAI	: Drought Area Index (Kuraklık Alanı İndeksi)
DDI	: Degree of Dryness Index (Kuruluk Derecesi İndeksi)
DEM	: Digital Elevation Model (Dijital Yükseklik Modeli)
DI	: Deciles Index (Ondalık İndeks)
DRI	: Drought Reconnaissance Index (Kuraklık Keşif İndeksi)
DSİ	: Devlet Su İşleri
EDI	: Effective Drought Index (Etkili Kuraklık İndeksi)
EİEİ	: Elektrik İşleri Etüd İdaresi
EM	: Expectation Maximization (Beklenti En Büyükleme)
ESI	: Evaporative Stress Index (Buharlaştırma Stres İndeksi)

ETDI	: Evapotranspiration Deficit Index (Evapotranspirasyon Eksikliği İndeksi)
EVI	: Enhanced Vegetation Index (Gelişmiş Bitki İndeksi)
GAP	: Güneydoğu Anadolu Projesi
GIDMaPS	: Global Integrated Drought Monitoring and Prediction System (Küresel Entegre Kuraklık İzleme ve Tahmin Sistemi)
GLDAS	: Global Land Data Assimilation System (Küresel Arazi Veri Asimilasyon Sistemi)
HCDN	: Hydro-Climatic Data Network (Hidro İklimsel Veri Ağı)
HTC	: Hydro-thermal Coefficient of Selyaninov (Selyaninov'un Hidrotermal Katsayısı)
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change (Hükûmetlerarası İklim Değişikliği Paneli)
KBDI	: Keetch–Byram Drought Index (Keetch–Byram Kuraklık İndeksi)
LSWI	: Land Surface Water Index (Arazi Yüzey Suyu İndeksi)
MCZI	: Modified China-Z Index (Modifiye Çin Z İndeksi)
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MK	: Mann-Kendall Testi
MSDI	: Multivariate Standardized Drought Index (Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndeksi)
NCEP	: National Centers for Environmental Prediction (Ulusal Çevresel Tahmin Merkezleri)
NCAR	: National Center for Atmospheric Research (Ulusal Atmosferik Araştırma Merkezi)
NDI	: NOAA Drought Index (Kuzey Amerika Kuraklık İzleme İndeksi)
NDVI	: Normalized Difference Vegetation Index (Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi)
PNI	: Percent of Normal Index (Normal Yağış Yüzdesi)
PDSI	: Palmer Drought Severity Index (Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi)
PDWI	: Normalized Difference Water Index (Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi)
PHDI	: Palmer Hydrological Drought Severity Index (Palmer Hidrolojik Kuraklık Şiddet İndeksi)
RAI	: Rainfall Anomaly Index (Yağış Anomali İndeksi)
RDI	: Reclamation Drought Index (İslah Kuraklık İndeksi)
SAI	: Standardized Anomaly Index (Standartlaştırılmış Anomali İndeksi)
SAVI	: Soil Adjusted Vegetation Index (Toprağa Göre Düzeltilmiş Bitki İndeksi)
sc-PDSI	: Self-Calibrated Palmer Drought Severity Index (Kendinden Kalibre Edilmiş Palmer Kuraklık Şiddet İndeksi)
SDI	: Streamflow Drought Index (Akarsu Akış Kuraklık İndeksi)
SMA	: Soil Moisture Anomaly (Toprak Nemi Anormalliği)
SMDI	: Soil Moisture Deficit Index (Toprak Nem Eksikliği İndeksi)
SMRI	: Standardized Snowmelt and Rain Index (Standartlaştırılmış Kar Erime ve Yağmur İndeksi)
SPEI	: Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi)
SPI	: Standardized Precipitation Index (Standartlaştırılmış Yağış İndeksi)

SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences (Sosyal Bilimlere Yönelik İstatistik Paketi)
SR	: Spearman'ın Rho Testi
SRSI	: Standardized Reservoir Supply Index (Standart Rezervuar Tedarik İndeksi)
SSFI	: Standardized Streamflow Index (Standartlaştırılmış Akarsu Akış İndeksi)
SYGM	: Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
SWI	: Standardized Water-level Index (Standartlaştırılmış Su Seviyesi İndeksi)
SWS	: Soil Water Storage (Toprak Suyu Depolama)
SWSI	: Surface Water Supply Index (Yüzey Suyu Tedarik İndeksi)
TCI	: Temperature Condition Index (Sıcaklık Durum İndeksi)
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
USDM	: United States Drought Monitor (Amerika Birleşik Devletleri Kuraklık Monitörü)
YSA	: Yapay Sinir Ağları
WMO	: World Meteorological Organization (Dünya Meteoroloji Örgütü)
ZSI	: Z-Score Index (Z Skoru İndeksi)
VegDRI	: Vegetation Drought Response Index (Bitki Örtüsü Kuraklık Tepki İndeksi)
VHI	: Vegetation Health Index (Bitki Sağlığı İndeksi)
VCİ	: Vegetation Condition Index (Bitki Örtüsü Durumu İndeksi)
WASP	: Weighted Anomaly Standardized Precipitation (Ağırlıklı Anomali Standartlaştırılmış Yağış)
WRSI	: Water Requirement Satisfaction Index (Su Gereksinimi Memnuniyet İndeksi)

1. GİRİŞ

Su dünyadaki yaşamın temel kaynağıdır. Su, insanlar dâhil tüm canlılar için vazgeçilmez olması sebebiyle doğada yer alan en önemli kaynaklardan biridir (Gümüş, 2006). Mikro ölçekteki yaşam formlarından karmaşık sistemlere ait tüm canlılara kadar geniş bir yelpazede yer alan tüm canlılar su ile varlıklarını sürdürmektedirler. Dünyanın oluşumundan beri su çeşitli çevrimler sayesinde yeryüzünde hareket etmektedir. Okyanuslar, denizler, göller ve her türlü kaynakta yer alan su hidrolojik çevrime uğramaktadır. Bu çevrim, güneş ışınları ile taşınan enerjinin karalar ve okyanuslardaki suyu buharlaştırması ve buharlaşan suyun yağış olarak yeryüzüne düşmesi ile oluşmaktadır (Fayrap ve Balı, 2009). Küresel ısınma ve iklim değişikliği en önemli etkilerini su kaynakları üzerinde göstermektedir (Karaman ve Gökalp, 2010).

Küresel ısınma feci sonuçları ve maliyetli olumsuz etkileri göz önüne alındığında insanlığın karşı karşıya kaldığı en ciddi ve önemli sorundur (Stern, 2006). Hükûmetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 2018 yılında 6.000'in üzerinde bilimsel çalışmayı inceleyerek hazırladığı 1,5°C Küresel Isınma Özel Raporu'nda iklimin, sıcaklıkların günümüz seviyelerine göre 1.5°C ile 2.0 °C arası artması durumunda, çok kuvvetli değişiklikler yaşayacağını ortaya koymaktadır. Bu değişiklikler karasal ortalama sıcaklık artışları, insanların yaşam alanlarında görülen aşırı sıcaklıklar, bazı bölgelerde kuraklık ve yağış azlığı ihtimallerinde büyük artışlar ve tarımsal kuraklık risklerini içermektedir (IPCC, 2019). Küresel ısınma ve iklim değişikliği iç içe geçmiş ve çoğu zaman aynı anlamda kullanılan ifadeler olmakla birlikte aralarında bariz farklılıklar vardır. Küresel ısınma dünya atmosferinde iklimi etkileyerek değişmesine neden olabilecek artışları ifade ederken, iklim değişikliği belirli bölgelerde sıcaklık, nem, rüzgar, yağış vb. iklim parametrelerinde meydana gelen değişimlerdir.

İklim, yeryüzünün herhangi bir bölgesinde uzun yıllar boyu gerçekleşen ve gözlemlenen tüm hava olaylarının ortalama durumu olarak tanımlanmaktadır. Bununla birlikte iklimi tanımlarken, ekstrem olayları, değişim frekanslarını, olasılık ve

ihtimalleri de göz önünde bulundurmak gerekir. Bu sebeple iklim, temel olarak hava olaylarının veya koşulların ortalama durumu olarak tanımlanmakta birlikte son yıllarda “Yeryüzünde hava olaylarının uzun süreler boyunca gözlemlenen nem, sıcaklık, hava basıncı, rüzgâr, yağış ve yağış tipi gibi meteorolojik olaylar ile uç olayların ve aşırı koşulların bir sentezi” olarak ifade edilmeye başlanmıştır (Türkeş, 2001). İklim değişikliği ise küresel veya bölgesel iklim modellerinde uzun vadeli bir değişimi ifade eder (IPCC, 2014).

İklim değişikliği küresel ısınmanın tabii bir sonucudur ve hidrolojik çevrim sistemleri ve süreçlerindeki dengelerle birlikte değişmektedir. İklim değişikliğine bağlı olarak atmosferde oluşan başkalaşımın havzalardaki yağış, buharlaşma ve akış olmak üzere tüm süreçler üzerinde yansımaları olacaktır. Dünya genelinde görülecek etkiler buharlaşma ve yağışlarda artış, yağışların düzenli ve aralıklı düşmesi yerine sağanak halinde olması, buzulların erimesi, deniz su seviyesinin yükselmesi, kasırga ve tayfun gibi doğa olaylarının daha sık görülmesi vb. etkiler olacaktır. Atmosferik olaylardaki değişimler uzun dönem ortalamalarını etkilemesi ile birlikte ekstrem olayların sıklık, büyüklük ve dağılımlarında da görülecektir. Sulak alanlarda kuraklık ve su kıtlığı sorunları ortaya çıkarken, sellerin nadir görüldüğü alanlarda ise şiddetli ve ani sel afetleri oluşacaktır. Bununla birlikte, bilimsel çalışmaların sonuçları, küresel ısınma ve buna bağlı iklim değişikliklerinin su kaynaklarını azaltacak yönde etkileyeceğini göstermektedir (Fıstıkoğlu ve Biberöğlu, 2008).

İklim değişikliği bilimi günümüzde üzerine çalışılmış ve olgunlaşmış bir konudur. Fransız matematikçi Fourier 1827’de atmosferimizin ısıyı emdiğini diğer türlü bu ısının uzaya yansıyacağını belirterek sera gazı kavramını öne sürmüştür. Fourier’e göre sera etkisinin dünyamız için iki önemli sonucu vardır. Birincisi, Dünya’nın ortalama yüzey sıcaklığının atmosferin güneş ışınlarını emici etkisi ile yaklaşık 15 °C’de tutulmasıdır. Sera gazlarının oluşturduğu ısınma etkisinin yokluğunda, ortalama yüzey sıcaklığı -18 °C olacaktır ve bu durum gezegendeki yaşamın şu anki mevcut halinden farklılaşmasına yol açacaktır. İkincisi ise sera gazlarının yalıtım etkisi olmadan gece sıcaklıklarının olduğundan çok daha düşük olmasıdır. Fourier’in çalışmasını 1860’da İngiliz bilim adamı Tyndall’ın atmosferimizin ana bileşenleri olan nitrojen ve oksijenin ısıyı (dünya’dan yansıyan kızıl ötesi radyasyon) emmediğini ve

sera etkisinin olduğunu keşfetmesi izledi. Sera gazı etkisi başta su buharı, karbondioksit ve metan olmak üzere atmosferimizdeki azınlık gazlarının bir sonucudur (King, 2005).

Küresel iklim değişikliğinin ortaya çıkaracağı olumlu ve olumsuz etkiler bulunmaktadır. Olumlu etki olarak kuzey enlemlerde sıcaklık artışına bağlı tahıl veriminin artması örnek verilebilir. Ancak orta ve ekvatorial enlemlerde yer alan sıcak iklimlerde ortaya çıkabilecek olumsuz etkiler asıl riskleri barındırmaktadır. Hükümetlerarası İklim Değişimi Paneli (IPCC) tarafından yapılan gelecek projeksiyonlarında gelecekte daha fazla maruz kalınabilecek iklimsel ekstrem tehlikeler şöyle sıralamıştır; uzun süreli orman yangınları, sıcak hava dalgaları, tarımsal haşerat, kuraklık, ani ve şiddetli yağışlar sonucu şehir ve kırsalda sellerin artması, tropikal bölgelerde oluşan kasırga, tayfun ve siklonların sayısında ve şiddetinde artış, tarım hayvancılık ve tatlı su ürünleri üzerindeki etkiler, taşıyıcı hayvanlarla bulaşan hastalıkların uygun iklim koşulları sonucu bölgelerinden farklı alanlara dağılması ve benzeri tehlikeler (Kadıoğlu, 2008). İklim değişiminin en yıkıcı etkilerini göstereceği alan ise kuraklık ve buna bağlı olarak tarımsal üretimde yol açacağı değişimlerdir.

Kuraklık yüzlerce yıldan beri varlığı bilinen bir afet olmakla birlikte son yıllarda etkisini giderek artırmaktadır. Birçok disiplin tarafından farklı açılardan değerlendirilmesi nedeniyle kuraklığın net ve tek bir tanımını bulunmamaktadır (Yıldız, M., 2019). Kuraklık yağmur, kar, sulu kar vb. yağışların uzun süreli eksikliğinin su kıtlığı ile sonuçlandığı tarım, sosyal yaşam ve endüstri başta olmak üzere geniş yelpazede sosyoekonomik hayatı derinden etkileyen doğal bir afet olarak karakterize edilir (Rossi vd. 1992).

Kuraklık etki alanlarına göre meteorolojik kuraklık, klimatolojik kuraklık, atmosferik kuraklık, tarımsal kuraklık, hidrolojik kuraklık, su kaynakları kuraklığı olmak üzere altı ana sınıfta incelenebilir (Oğuztürk, 2010). Çalışma kapsamında tarımsal kuraklık noktasında çalışmalar yoğunlaştırılmıştır.

Suyun değerlendirilmesi ve kuraklık etkisinin azaltılması bir biriyle direkt bağlantılı konulardır. Akarsularımızın gelecekteki durumlarının tespit edilmesi ve olası değişimlerin kuraklığa etkisinin ortaya koyularak bunlara karşı gerekli önlemlerin şimdiden alınması yaşanabilecek ekonomik ve toplumsal buhranların önlenmesi için çok önemlidir.

Bu çalışma kapsamında Batı Karadeniz Havzası akarsuları üzerinde kurulu olan akım gözlem istasyonlarından elde edilen minimum akımların eğilimleri incelenmiş ve sonuçlar kuraklık yönünden değerlendirilmiştir. Literatür araştırması kapsamında dünya, Türkiye geneli ve tezin çalışma alanı olan Batı Karadeniz Havzası için yapılmış olan çalışmalar incelenmiş ve havzadaki suyun özellikle tarımsal sulamalarda daha verimli değerlendirilmesi için öneriler geliştirilmesi tezin ana amaçlarından biri olmuştur.

Hidrolojik veriler bazında ve su kaynakları kapsamında yapılan bu çalışma ile sahadaki çiftçilerin maruz kaldıkları koşullar daha iyi temsil edilmiştir. Belirlenen risk alanlarında ve fırsatların olduğu bölgelerde gerekli önlemlerin alınması bölgenin sosyoekonomik yapısının korunması ve geliştirilmesi noktasında politika belirleyicilere rehber olunması amacıyla çalışmalar yorumlanmıştır. Gelecek yıllarda yapılabilecek gözlem ve revizyonlarla çalışmanın sunmuş olduğu yeni bakış açısı geliştirilebilecek ve bu kapsamdaki yapılacak çalışmalara öncülük görevini üstlenebilecektir.

Batı Karadeniz Havzası'nın detaylı incelenmesi, güncel verilerin göz önüne alınarak hazırlanması, mevcut ve planlanan sulama alanları ile eşgüdümün sağlanması çalışmayı değerli kılmaktadır. Batı Karadeniz Havzası için yapılan bu çalışma minimum akım verilerinde oluşan trendler ile kuraklık etkisinin birlikte incelenmesi açısından havza için önemlidir. Yapılan bu çalışmayla benzer iklim ve çevre özelliklerini gösteren bölgeler için de bir değerlendirme imkânı sunulacaktır. Bu sayede projeksiyonlar yapılabilecek, yapılması gereken depolama tesisleri, suyu efektif kullanmaya yönelik yapılar ve doğru tarım uygulamaları, gerekli eğitimlerin verilmesi gibi politikalar geliştirilebilecektir.

2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

2.1 Literatür Özeti

Batı Karadeniz Havzası ile ilgili belirli çalışmaların varlığı tespit edilmekle birlikte havza sınırlarının tamamını yansıtan güncel verilerle yapılan ve minimum akımlar üzerinden yürütülen bir çalışmanın mevcut olmadığı görülmüştür. Çalışmalar genel olarak havza sınırları içerisinde kalan iller ya da komşu iller kapsamında yapılmış olup Düzce, Bolu, Zonguldak, Çankırı, Karabük, Bartın, Kastamonu ve Sinop illerinin tamamını kapsayan bir çalışmanın eksikliği bu tezin ana motivasyon kaynaklarından biridir. Önceki çalışmalar incelendiğinde kuraklık ve trend analizlerinin çalışmalarda ana konu olarak seçildiği görülecektir. Bu çalışmada farklı olarak havza genelindeki tarımsal alanların hidrolojik ve meteorolojik verilerle birlikte eşgüdümlü incelenmesi ihtiyacını gidermek amacıyla akım gözlem istasyonu verileri analiz sonuçları ve sulama alanları çakıştırılarak (overlay mapping) hayata dokunan sonuçlar ortaya koyulmuştur. Gıda ihtiyacı ve gıdaya ulaşım konusunda bir darboğaza sürüklenen dünya ekonomisinde tarımın önemi her geçen gün daha iyi anlaşılmaktadır. Bu çalışma ile Batı Karadeniz Havzası'nın tarımsal üretim konusunda gelecek risk ve fırsatları değerlendirilmiştir. Suyun havza genelinde gelecekteki durumunun daha iyi anlaşılması havzanın ekonomik, sosyal ve demografik yapısının korunması ve geliştirilmesi hususlarında önemli bir etkidir. Daha iyi tarım politikaları gerçekleştirilmesi suretiyle bölge halkının refah seviyesi ve havza geneli gelişmişlik düzeyi artırılabilir. Çalışma çıktılarının karar vericilere ışık tutması ana amaçlardan biridir. Çalışmanın sonuçları havza geneli planlama çalışmalarına altlık oluşturabilecek şekilde dizayn edilmiştir.

2.1.1 Kuraklık Üzerine Yapılan Çalışmalar

Kuraklığın tam tanımı sık sık kuraklık izleme ve analiz çalışmalarında engel teşkil etmiştir. Wilhite ve Glantz (1985) Düzinelerce kuraklık tanımı üzerine yapmış oldukları derinlemesine çalışma sonrasında kuraklığı; meteorolojik, iklimsel, atmosferik, tarımsal, hidrolojik ve su yönetimsel olmak üzere etraflica 6 kategoriye ayırmışlardır. Dracup vd. (1980), da tanımları gözden geçirmiş ve tüm bakış açılarına

göre kuraklığın bazı zaman periyotları için yağış eksikliğinden kaynaklı nemin yetersiz olma durumu olduğunu belirtmişlerdir.

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Küresel Su Ortaklığı (GWP) ortaklığında 2013 yılında başlatılan “Entegre Kuraklık Yönetim Programı (The Integrated Drought Management Programme - IDMP)” kapsamında yapılan çalışma ile 2016 yılında “Kuraklık Göstergeleri ve Endeksleri El Kitabı” yayımlanmıştır (Svoboda vd. 2016). Giriş kısmında kuraklık izlemenin neden önemli olduğu sorusu sorulmuş ve derinlemesine bir analiz ve açıklama yapılmıştır. Kuraklık erken uyarı sistemlerinin tipik olarak iklimsel, hidrolojik, su tedariki durumlarını ve trendleri izleme, değerlendirme ve ilgili bilgileri iletmeyi amaçladığı bildirilmiştir. İdeal olan ise hem izleme hem de tahminlerde bulunma bileşeni içermesidir. Erken zamanlı bilgi sağlanmasının ve kuraklığın başlangıcının erken tespit edilmesinin kuraklık risk yönetim planlarıyla kuraklığın potansiyel etkilerinden korunmak anlamına geldiği belirtilmiştir. Böyle yavaş başlangıçlı bir tehlike için özenli ve entegre bir yaklaşımın hayati önem taşıdığı bildirilmiştir.

Kuraklıktan etkilenen sektörlerin sayısı ve çeşitliliği göz önüne alındığında tüm durumlar için gerekli eylemleri belirlemek için tek bir yöntemin kullanılamayacağı, farklı durumlar için farklı indis kombinasyonlarının tercih edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Çalışma kapsamında dünya genelinde kullanılan tüm indisler a) meteoroloji b) toprak nemi c) hidroloji d) uzaktan algılama e) birleşik ya da modellenmiş olarak sınıflandırılmış ve kullanım kolaylığına, tiplerine göre karakterize edilmişlerdir. Aşağıda Tablo 2.1’de el kitabında belirtilen tüm indisler görülebilir.

Tablo 2.1 Kuraklık indisleri tablosu (Svoboda vd. 2016)

Meteoroloji	
Aridity Anomaly Index (AAI) (Kuraklık Anomali İndeksi)	Hydro-thermal Coefficient of Selyaninov (HTC) (Selyaninov'un Hidrotermal Katsayısı)
Deciles Index (Ondalık İndeks)	NOAA Drought Index (NDI)-North American Drought Monitor (Kuzey Amerika Kuraklık İzleme İndeksi)
Keetch–Byram Drought Index (KBDI) (Keetch–Byram Kuraklık İndeksi)	Palmer Drought Severity Index (PDSI) (Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi)
Percent of Normal Precipitation (PNI) (Normal Yağış Yüzdesi)	Palmer Z Index (Palmer Z İndeksi)

Tablo 2.1'in devamı

Standardized Precipitation Index (SPI) (Standartlaştırılmış Yağış İndeksi)	Rainfall Anomaly Index (RAI) (Yağış Anomali İndeksi)
Weighted Anomaly Standardized Precipitation (WASP) (Ağırlıklı Anomali Standartlaştırılmış Yağış)	Self-Calibrated Palmer Drought Severity Index (sc-PDSI) (Kendinden Kalibre Edilmiş Palmer Kuraklık Şiddet İndeksi)
Aridity Index (AI) (Kuraklık İndeksi)	Standardized Anomaly Index (SAI) (Standartlaştırılmış Anomali İndeksi)
China Z Index (CZI) (Çin Z İndeksi)	Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) (Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi)
Crop Moisture Index (CMI) (Mahsul Nem İndeksi)	Agricultural Reference Index for Drought (ARID) (Kuraklık İçin Tarımsal Referans Endeksi)
Drought Area Index (DAI) (Kuraklık Alanı İndeksi)	Crop-specific Drought Index (CSDI) (Ürüne Özgü Kuraklık İndeksi)
Drought Reconnaissance Index (DRI) (Kuraklık Keşif İndeksi)	Reclamation Drought Index (RDI) (İslah Kuraklık İndeksi)
Effective Drought Index (EDI) (Etkili Kuraklık İndeksi)	
Toprak Nemi	Birleşik ya da Modelenmiş
Soil Moisture Anomaly (SMA) (Toprak Nemi Anormalliği)	Combined Drought Indicator (CDI) (Birleşik Kuraklık Göstergesi)
Evapotranspiration Deficit Index (ETDI) (Evapotranspirasyon Eksikliği İndeksi)	Global Integrated Drought Monitoring and Prediction System (GIDMaPS) (Küresel Entegre Kuraklık İzleme ve Tahmin Sistemi)
Soil Moisture Deficit Index (SMDI) (Toprak Nem Eksikliği İndeksi)	Global Land Data Assimilation System (GLDAS) (Küresel Arazi Veri Asimilasyon Sistemi)
Soil Water Storage (SWS) (Toprak Suyu Depolama)	Multivariate Standardized Drought Index (MSDI) (Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndeksi)
	United States Drought Monitor (USDM) (Amerika Birleşik Devletleri Kuraklık Monitörü)
Uzaktan Algılama	Hidroloji
Enhanced Vegetation Index (EVI) (Gelişmiş Bitki İndeksi)	Palmer Hydrological Drought Severity Index (PHDI) (Palmer Hidrolojik Kuraklık Şiddet İndeksi)
Evaporative Stress Index (ESI) (Buharlaşma Stres İndeksi)	Standardized Reservoir Supply Index (SRSI) (Standart Rezervuar Tedarik İndeksi)
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) (Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi)	Standardized Streamflow Index (SSFI) (Standartlaştırılmış Akarsu Akış İndeksi)
Temperature Condition Index (TCI) (Sıcaklık Durum İndeksi)	Standardized Water-level Index (SWI) (Standartlaştırılmış Su Seviyesi İndeksi)

Tablo 2.1'in devamı

Vegetation Condition Index (VCI) (Bitki Örtüsü Durumu İndeksi)	Streamflow Drought Index (SDI) (Akarsu Akış Kuraklık İndeksi)
Vegetation Drought Response Index (VegDRI) (Bitki Örtüsü Kuraklık Tepki İndeksi)	Surface Water Supply Index (SWSI) (Yüzey Suyu Tedarik İndeksi)
Vegetation Health Index (VHI) (Bitki Sağlığı İndeksi)	Aggregate Dryness Index (ADI) (Agrega Kuruluk İndeksi)
Water Requirement Satisfaction Index (WRSI and Geo-spatial WRSI) (Su Gereksinimi Memnuniyet İndeksi)	Standardized Snowmelt and Rain Index (SMRI) (Standartlaştırılmış Kar Erime ve Yağmur İndeksi)
Normalized Difference Water Index (NDWI) (Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi)	Land Surface Water Index (LSWI) (Arazi Yüzey Suyu İndeksi)
Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) (Toprağa Göre Düzeltilmiş Bitki İndeksi)	

Dünya Meteoroloji Örgütüne bağlı çalışan “Tarımsal Meteoroloji Komisyonu (Commission for Agricultural Meteorology - CAgM)” her dört senede bir Ulusal Meteoroloji ve Hidroloji Servisleri’nden Tarımsal Meteorolojide Tarımsal İlerleme Raporları gönderilmesini talep etmektedir. Bir önceki raporla birlikte üye ülkelerden bölgeleri, ülkeleri veya da kuruluşları kapsamında mevcutta kullanmış oldukları kuraklık indislerinin bildirilmesi talep edilmiştir (Svoboda vd. 2016). Kuraklık Göstergeleri ve Endeksleri El Kitabı’nda yer alan tabloya göre Türkiye’de kullanılan kuraklık indisleri Standardized Precipitation Index (SPI), Percent of Normal Index (PNI) ve Palmer Drought Severity Index (PDSI) olmak üzere üç tanedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün sitesinde ise bu üç yönteme ek olarak Prof. Dr. Akgün AYDENİZ’ in 1973 yılında geliştirmiş olduğu formüle dayanan Aydeniz Metodu ’da tanımlanmıştır (MGM, 2022).

Palmer (1965), yapmış olduğu çalışmada kuraklığın tam anlamıyla meteorolojik bir olay olarak düşünülebileceğini, uzun süreli ve anormal nem eksikliğinden kaynaklı olarak karakterize edilebilecek meteorolojik bir anomali olduğunu bildirmiştir. Çalışmasında kuraklığın temel sebeplerine değinmekten ziyade kuraklık periyotlarının atmosferik döngü verileri ile ilişkilendirilebilmesini amaçlamıştır. Çalışmasının ana temasını, ortalama iklime bağımlı oturmuş bir ekonomi bölgesinde ne kadar yağışa gereksinim duyulduğunun tespiti olarak belirlemiştir. Bu amaçla ihtiyaç duyulan yağış miktarının hesabı için bir metot önermiştir. Yöntemin uygulaması için batı Kansas’a

ait 76 yıllık hava durumu verilerini, merkezi Iowa'ya ait 33 yıllık hava verilerini ve kuzey Dakota'ya ait 32 yıllık hava verilerini kullanmıştır. Kurak dönemlere ait ardışık aylık indeks değerlerini formüllere tabi tutarak kuraklık şiddetini belirlemek amacıyla kullanmış olup dönemleri ılıman, orta, şiddetli ve aşırı şiddetli olarak kategorize etmiştir.

McKee vd. (1993), kuraklık analizlerinde beş temel noktanın önemli olduğunu belirtmişlerdir. Bunlar: 1) zaman ölçeği, 2) olasılık, 3) yağış eksikliği, 4) toprak nemi, yer altı suyu, kar örtüsü, yüzey suları ve rezervuar hacmi 5) kuraklığın etkileri ve tanım ilişkisidir. Kuraklığın frekansı, devam süresi ve yoğunluğu doğrudan ya da dolaylı olarak zaman ölçeğine bağlıdır. Tek bir yöntem ya da tanımın tüm bu konuları tam olarak karşılayamayacağını belirtmişlerdir. Amerika'da geçmişte çok sayıda kuraklık tanımı yapıldığını ve kuraklık belirleme metodu uygulandığını, bunlar içerisinde en sık kullanılanın ise Palmer Kuraklık İndeksi olduğunu ancak metodun zayıf noktasının doğru uygulanmadaki zorluklar olduğunu bildirmişlerdir. Kuraklığı izlemek ve analiz etmek için yeni çok yönlü bir gösterge "SPI"(Standardized Precipitation Index) tanımlamışlardır. Bu yöntem giriş verisi olarak sadece bir değişkene ihtiyaç duymaktadır. Benzer şekilde yağış, kar örtüsü, akarsu akımı, rezervuar hacmi, toprak nemi ve yer altı suyu verilerine uygulanabilir. Yayınlamış oldukları çalışmada Colorado'nun Fort Collins bölgesine ait 1889-1991 yıllarını kapsayan veriler için yapmış oldukları uygulamaya da yer vermişlerdir.

PNI (Percent of Normal Index) normal yağışın yüzdesini tanımlamak için, bir bölge ya da sezon için oldukça yeterli olan hızlı ve basit bir indeks olarak (Willeke vd. 1994) tarafından ortaya atılan bir yöntemdir. Aylık, mevsimlik ve yıllık farklı zaman ölçekleri için hesaplanabilir. PNI yönteminin tek bir bölge ya da tek bir mevsim için kullanıldığında oldukça etkili bir yöntem olduğu görülmüştür (Hayes, 2006).

Yıllar boyunca belirli iklimlerde hangi kuraklık indislerinin ve uygulamaların kullanılması gerektiği çokça tartışılmıştır. Çok sayıda kuraklık tanımı ve indisleri geliştirilmiş ve bu konuda rehber olunabilmesi amacıyla girişimlerde bulunulmuştur. Bu amaçla Nebraska-Lincoln Üniversitesi'nde 2009 yılı aralık ayında Kuraklık için İndeksler ve Erken Uyarı Sistemlerine İlişkin Bölgeler Arası Çalıştayı (Interregional

Workshop on Indices and Early Warning Systems for Drought) düzenlenmiştir. Toplamda 22 ülkeden 54 katılımcının yer aldığı bu çalıştay Nebraska Üniversitesi Doğal Kaynaklar Okulu (SNR), Amerika Birleşik Devleti Ulusal Kuraklık Azaltma Merkezi (NDMC), Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO), Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA), Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA) ve Birleşik Devletler Çölleşmeyle Mücadeleye İlişkin Milletler Sözleşmesi (UNCCD) gibi alanında öncü kurum ve kuruluşlar tarafından desteklenmiştir. Katılımcılar mevcutta dünyanın farklı bölgelerinde oluşan meteorolojik, tarımsal, hidrolik kuraklıkları açıklamakta kullanılan indisleri değerlendirmişler ve farklı tip kuraklıkları açıklamak için standart bir indise ihtiyaç duyulmasını tartışmışlardır. Toplantıda yer alan uzmanlar “Kuraklık İndeksleri Hakkında Lincoln Deklarasyonu”nu detaylı bir şekilde oluşturup onaylamışlardır. Deklarasyonda, meteorolojik kuraklığın ve diğer kuraklık türlerinin dünya çapında aynı şekilde karakterize edilmesi amacıyla tüm dünyadaki ulusal meteoroloji ve hidroloji servislerine SPI (Standardized Precipitation Index) yöntemi tavsiye edilmiştir. 2011 yılının haziran ayında düzenlenen 16. Dünya Meteoroloji Kongresinde deklarasyonda tavsiye edilen indis kullanımı ve kullanıcı kılavuzu oluşturulması önerileri teyit edilmiştir. Kongrenin önerisiyle SPI Kılavuzu yayımlanmış ve Birleşmiş Milletlere tüm dillerde dağıtılmıştır (WMO, 2012).

Hayes vd. (1999), Standardized Precipitation Index (SPI) in basitliği ve zamansal esnekliği ile önceki indislere göre gelişmiş bir yapıda olduğunu ve bu sayede su kaynaklarına tüm zaman ölçeklerinde uygulanabilmesine olanak sağladığını bildirmişlerdir. Amerika Birleşik Devletleri’nin güneybatısı ve güney ovalarını SPI yöntemini kullanarak analiz etmişlerdir. SPI yönteminin kuraklığın başlangıcını tespit etmede nasıl yardımcı olduğunu göstermek amacıyla haritalandırma çalışmaları yapmışlardır. Teksas için kuraklığı daha ayrıntılı olarak araştıran bir vaka çalışması da yapılmıştır. Çalışma SPI yönteminin ulusal, bölgesel ve eyalet bazında kuraklığın izlenmesi için operasyonel bir araç olması gerektiğini göstermiştir. SPI yöntemi ile yapılan çalışma ile kuraklık başlangıcı PDSI (Palmer Drought Severity Index) yöntemine göre 1 ay erkenden tespit edilmiştir. Bu zaman farkının, eyaletlerin ve federal hükümetin gelecekte kuraklıktan etkilenebilecek bölgelere yapacağı hafifletme

ve müdahale eylemlerinde yapacakları iyileştirmeler için çok değerli olacağını belirtmişlerdir.

Lana vd. (2001), İspanya'nın kuzeydoğusunda yer alan Katalonya bölgesi için 99 yağış gözlem istasyonundan elde edilen 1961-1990 yıllarını kapsayan veriler ile alansal ve zamansal olarak yağış eksikliği ve aşırılığını SPI ile analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda yağış kıtlığı ile ilgili periyotların artışı dikkate değer bulunmuştur.

Lloyd-Hughes ve Saunders (2002), Avrupa'nın 35-70 °Kuzey enlemleri ve 35 °D –10 °B boylamları arasındaki bölge için 1901-1999 yılları aralığındaki aylık verileri derlemiş, 3, 6, 9, 12, 18 ve 24 aylık periyotlar için Standardized Precipitation Index (SPI) yöntemini uygulamışlardır. Standartlaştırılmış bir prosedürle çalışmanın kuraklık indislerinin farklı bölgeler ve farklı zaman aralıkları için kantitatif karşılaştırılmasında kolaylık sağladığını belirtmişlerdir. Palmer kuraklık şiddet indeksi (PDSI) ile SPI'ler arasında 9 ila 12 aylık zaman ölçeklerinde yaklaşık eşdeğerlik gösterilmiştir. SPI ve PDSI değerlerindeki eğilimler, Avrupa'da aşırı ve/veya orta derecede kuraklık koşulları yaşayan bölgelerinin 20. yüzyılda önemsiz ölçüde değiştiğini göstermektedir.

Min vd. (2003), Kore ve Doğu Asya'nın kuraklık oluşumunu ve yoğunluğu açısından zamansal ve mekânsal olarak ilişkisini incelemek amacıyla Climatic Research Unit (CRU) aylık yağış verilerini 1951 ve 1996 yıllarını kapsayacak şekilde kullanmış ve Standardized Precipitation Index (SPI) yöntemi ile analiz etmişlerdir. Kore'de kuraklıkların görülme sıklığının 2-3 ve 5-8 yıllık önemli zaman aralıklarına sahip olduğu ve 1980'lerden beri artmakta olduğu görülmüştür. Yapılan korelasyonlar ve birleşik analizler Doğu Çin, Mançurya ve Japonya'nın kuzey kıyılarında meydana gelen kuraklıkların Kore'deki kuraklıklar ile yüksek oranda uyumlu olduğunu göstermiştir. Ancak üç bölgede oluşan kuraklıkların zamansal uzunluklarının farklı olduğu görülmüştür.

Bonaccorso vd. (2003), Sicilya'da 1926 ile 1996 yılları arası için kuraklık analizi yapmışlardır. Bölgedeki kuraklığın tespiti amacıyla NCEP/NCAR Reanalysis veri seti (1948'den günümüze gözlemler ve sayısal hava tahmini model çıktısını içeren, Dünya

atmosferinin durumunu temsil eden, sürekli güncellenen küresel ızgaralı bir veri seti) ve bölge genelindeki adalarda oldukça homojen şekilde dağılmış olan 43 adet gözlem verileri kullanılmıştır. Kuraklık oluşumları Standardized Precipitation Index (SPI) yöntemleri ile belirlenmiştir. Uzun vadeli kuraklık değişkenliğini incelemek için, SPI uygulama alanına Principal Component Analysis (Temel Bileşen Analizi) uygulanmıştır. Sonuçlar tüm adanın çok yıllık dalgalanmalar sonucu kuraklık yönünden değişkenlik yaşadığını ve yetmişli yıllardan itibaren daha kurak dönemlere doğru bir yönelim olduğunu göstermiştir. Meteorolojik büyük ölçekli analiz verileri kullanılarak yapılan çalışma ile gerçek gözlemlerden elde edilen sonuçlar arasında genel olarak iyi bir uyum olduğu görülmüştür. Ancak bu yöntem benimsendiğinde yapılacak çalışmalar kapsamında büyük ölçekli yağış alanlarının küçültülmesi işlemi yoğun çaba gerektirecektir.

Türkeş ve Tatlı (2009), Türkiye'deki kuraklık olaylarının yoğunluk, sıklık dahil olmak üzere farklı yönlerini incelemek ve mekansal ve zamansal kalıpları belirlemek için Standardized Precipitation Index (SPI) için yeni bir metodoloji önermişlerdir. Klasik SPI yöntemi bölgesel olarak tanımlanır ve kuraklık başlangıcını uzun dönem ortalamasının altına düşmesi ile tespit eder. Bununla birlikte önerilen yeni yöntem, SPI değerlerini elde etmek için yağış verilerini bir üst ve bir alt zarf içerisine alarak yağış serisinin yerel zaman ortalamalarını dikkate alır, böylece kuru (veya ıslak) bir hava durumunu açıkça değerlendirmektedir. Yağışların klimatolojik/meteorolojik özellikleri ve iklimin Türkiye üzerindeki fiziksel coğrafi kontrolleri göz önüne alındığında, önerilen yöntemin klasik metotla elde edilen SPI sonuçlarına göre bir istasyonun aylık yağış toplamı (veya ortalama yağışlar) için kuru veya ıslak durumların olasılığını tahmin etmede daha etkili olduğu bulunmuştur. Uzun vadeli seriler ve çeşitli zaman ölçekleri için hesaplanan olasılık değerlerinin karşılaştırılmasıyla, önerilen yöntemin özellikle ıslak ve kuru ekstrem durumlar başta olmak üzere çeşitli yağış anormalliklerini başarılı bir şekilde temsil ve tahmin ettiğini ortaya koymuştur. Sonuç olarak, Akdeniz Makro İklim Bölgesi gibi yağış serilerinin yüksek dönemsellik ve yıldan yıla değişim gösterdiği yarı kurak, kuru - az nemli ve orta nemli bölgelerde kuraklığın tespit edilmesi ve izlenmesi amacıyla çalışmada önerilen SPI yönteminin uygulanabileceği bildirilmiştir.

Karavitis vd. (2011), Yunanistan'ın kuraklığın tehlikeli etkileriyle sıklıkla karşı karşıya kaldığını, Standardized Precipitation Index (SPI) yönteminin uygulanması için ideal bir örnek teşkil ettiğini belirtmişlerdir. Bu sebeple tarihsel verileri değerlendirerek tüm Yunanistan için SPI yönteminin uygulamasını yapmışlardır. Çalışma kapsamında 46 yağış gözlem istasyonuna ait 1947-2004 yılları aralığını kapsayan veriler derlenmiş ve 1, 3, 6, 12 ve 24 aylık zaman ölçeklerine göre analizler yapılmıştır. İndeksin hesaplanması uygun bir yazılım aracı yerinde kullanımıyla sağlanmıştır. SPI değerlerinin mekânsal gösterimi SURFER 9 yazılım paketinin geostatik metotları kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar SPI yöntemi kullanımının kuraklık erken uyarısında ve kuraklık tahmin etme çalışmalarındaki önemini vurgulamaktadır.

Wambua vd. (2015), Kenya'nın yukarı Tana Nehri Havzası'nda meydana gelen kuraklıkların su kaynaklarını, hidroenerji üretimini ve tarımsal üretimi olumsuz etkilediğini ancak Kenya için önemli bir nehir havzası olmasına rağmen bölge hakkında kuraklığı değerlendirmek ve karakterize etmek için sınırlı araştırma çalışması yapıldığını bildirmişlerdir. Yaptıkları çalışma kapsamında Kenya'da yer alan Tana Nehri Havzası'ndaki üst bölgelerde yer alan sekiz gözlem istasyonuna ait 41 yıllık yağış verisini kullanmışlar ve mekânsal-zamansal kuraklık özelliklerini değerlendirmek amacıyla Standardized Precipitation Index (SPI) yöntemi ile analizler yapmışlardır. Havzadaki mekânsal kuraklık oluşumlarının tahmini için Kriging Enterpolasyon Tekniği kullanılırken, trend oluşumlarının tespiti için parametrik olmayan Mann-Kendall trend testi kullanılmıştır. Analizler, havzanın güneydoğu bölgelerinin en yüksek kuraklık şiddetine sahipken kuzeybatı kesimlerinde ise en düşük kuraklık değerlerinin varlığını göstermiştir. Ancak her iki bölgede de kuraklık şiddeti alansal genişliği 1970-2010 yılları arasında güneydoğu ve kuzeybatı bölgeleri için sırasıyla 4868.7 km² den 6880 km²'ye ve 6363.9 km²'den 6987.5 km²'ye yükselmiştir. Havzanın güneydoğu kesimlerinde kuraklık eğilimi %90 ve %95 anlamlılık düzeylerinde artarken kuzeybatı bölgelerinde herhangi bir trend tespit edilmemiştir. Kuraklık erken uyarı sistemleri oluşturulmasının havzadaki su kaynaklarının planlanması ve yönetimi için su kaynakları yöneticilerine yarar sağlayacağı belirtilmiştir.

Gümüş vd. (2016), Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Şanlıurfa istasyonuna ait 197-2004 yıllarını kapsayan 78 yıllık yağış verisini kullanarak Standart Yağış İndeksi (SPI) yöntemi ile kuraklık analizi yapmışlardır. Aylık yağış verileri ile yapılan analizlerle 1, 3, 6 ve 12 aylık SPI çıktıları elde edilmiş ve yağışlı ve kurak periyotların şiddeti, büyüklükleri ve dağılımları değerlendirilmiştir. İstasyonun olduğu bölge için 1986-2014 yıllarını kapsayan 29 yıllık sürede kurak geçen ay sayısının 1937-1985 yılları arasındaki 49 yıllık süredekinden daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Tüm çalışma dönemi içerisinde 1972 yılının Ekim-Aralık ayları için yapılan analizlerde en büyük SPI değerinin hesaplandığı kaydedilmiştir.

Salehnia vd. (2017), yapmış oldukları çalışmada İran'ın Kashaftood Havzası'na ait 1987-2010 yıllarını kapsayan yağış gözlem istasyonları ve AgMERRA yağış verilerini kullanarak tarihsel kuraklık olaylarını değerlendirmek amacıyla sekiz tane farklı kuraklık indisi ile kuraklık analizleri yapmış ve bunları karşılaştırmışlardır. Bu indisler SPI (Standardized Precipitation Index), PNI (Percent of Normal Index), DI (Deciles index), EDI (Effective drought index), CZI (China-Z index), MCZI (Modified CZI), RAI (Rainfall Anomaly Index), and ZSI (Z-score Index) olmak üzere yağışa dayalı analizleri içeren yöntemlerdir. Ayrıca çalışılan dönemin her yılı için farklı kuraklık kategorilerinin yoğunluklarını karşılaştırmak amacıyla DDI (Degree of Dryness Index) yöntemini kullanmışlardır. Genel olarak AgMERRA yağış verileri ile hesaplanan kuraklık indis korelasyonları, yağış gözlem istasyonlarından elde edilen değerlere göre daha yüksek çıkmıştır. Çalışma dönemi için hesaplanan tüm indislere göre en şiddetli kuraklığın olduğu periyot 2001-2008 yılları arasındadır. Yapılan tüm analizlerle kuraklık durumları incelenebilmiş olmakla beraber SPI, PNI ve DI yöntemlerinin birbirleriyle, CZI ile MCZI yöntemlerinin kendi arasında ve yine ZSI ile RAI yöntemlerinin ikili olarak yüksek oranda korelasyon katsayısı oluşturacak şekilde sıkı bir ilişki içinde oldukları gözlemlenmiştir. AgMERRA yağış verilerinden elde edilen kuraklık indisleri ile gözlem istasyonundan elde edilen yağış verilerinden elde edilen kuraklık indisleri arasındaki güçlü korelasyona dayanarak, İran'da gelecekteki çalışmalarda istasyon tarafından gözlemlenen yağış verilerinde var olan boşlukları doldurmak için AgMERRA yağış verilerinin kabul edilebileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca, istasyon tarafından gözlemlenen yağış verileriyle

karşılaştırmak suretiyle, veri eksikliği olan alanlar için AgMERRA yağış verilerinin kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Yenigün ve Wlat (2019), Kuzey Irak Bölgesinde 15 adet meteoroloji istasyonunun 1979-2013 yıllarını kapsayan verilerini kullanarak 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık zaman aralıkları için Standardized Precipitation Index (SPI) yöntemi ile kuraklık analizi yapmışlardır. Analizleri yapmak için MATLAB programındaki SPI modülünü kullanmışlardır. Çalışma sonuçları 6, 9 ve 12 aylık zaman aralıkları için kuru dönem sürekliliklerinin 1 ve 3 aylık aralıklara göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Hesaplamalara göre en kurak yılın 2008 yılı olduğu tespit edilmiştir. Çalışma bölgedeki tüm istasyonlar için en uzun kuru ve yağışlı dönemler hakkında tüm bilgileri vermesi açısından önemlidir.

Shatanawi vd. (2022), iklim değişikliğinin, Yarı Kurak Bölgelerde su kaynaklarının mevcudiyeti için ciddi bir tehdit olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle, su kaynaklarını geliştirmek ve sürdürmek için kuraklık eğilimlerini incelemek çok önemlidir. Yaptıkları çalışma ile Ürdün Zerk Havzası'ndaki uzun vadeli yağış eğilimlerini 1971'den 2016'ya kadar olan su yıllarında analiz ederek Ürdün'deki iklim değişikliğinin etkilerini değerlendirmişlerdir. Analiz için havza genelinde bulunan altı yağış istasyonu için günlük yağış verileri toplanmıştır. Standardized Precipitation Index yağış indeksi (SPI) değişimleri aylık aralıklarla incelenmiştir. İklimsel eğilimleri belirlemek için kontrol çizelgeleri, hipotez testi, t-testi, varyans farklılıkları ve eğilim analizi kullanılmıştır. Analiz sonuçları, 2003 yılının yağış düşüş hızında bir hızlanma noktasına işaret ettiğini göstermiştir. Ayrıca, 2003 öncesi dönem için 2003 sonrası döneme göre mevsimsel yağış katkısının değişmesiyle yağış deseninde bir değişiklik gözlemlenmiştir.

Alzarouq Albaqoul (2022), Batı Karadeniz Havzası'nda yer alan illerden Sinop, Kastamonu, Bartın illerindeki 8 adet meteoroloji istasyonunun aylık ortalama yağış ve sıcaklık verilerini Keşif Kuraklık Endeksi (RDI) ve Akarsu Kuraklık İndeksi (SDI) yöntemleri ile analiz etmişler ve 1, 3, 6 ve 12 aylık tarımsal ve meteorolojik kuraklık analizlerini yapmışlardır. Hidrolojik kuraklığın belirlenmesi çalışmaları için ise 3 akım

gözlem istasyonunun aylık ortalama akım verileri üzerinden çalışmalar gerçekleştirmişlerdir.

Kuraklık çalışmalarında esas olarak SPI, PDSI, PNI vb. gibi çeşitli kuraklık indisi yöntemleri kullanılmaktadır. Kuraklık indisleri genel olarak meteorolojik veriler kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu çalışmada minimum akım verileri kullanılarak hidrolojik verilerin trendleri üzerinden bir yol haritası oluşturulmuş ve havza farklı bir bakış açısıyla ele alınmıştır. Meteorolojik olguların su kaynaklarına yansımaları farklı şekillerde ve boyutlarda olabilmektedir. Elde edilen sonuçlarla belirtilen kuraklık analiz yöntemlerinin eş güdümlü değerlendirilerek çalışmaların detaylandırılmasında yarar görülmektedir. Bu doğrultuda Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün koordinatörlüğünde hazırlanmakta olan Batı Karadeniz Havzası Kuraklık Yönetim Planının değerlendirilmesi önemlidir. Belirlenen muhtemel risk alanlarında gerekli önlemlerin alınması, bölgenin sosyoekonomik yapısının korunması ve geliştirilmesi noktasında politika belirleyicilere ekonomik değerlendirme kriteri oluşturmak amacıyla çalışmalar yorumlanmıştır.

2.1.2 Trend Analizi Üzerine Yapılan Çalışmalar

İngiliz psikolog Charles Edward Spearman (1904), psikoloji biliminde yapılan çalışmaların herkes tarafından aynı şekilde anlaşılmadığı ve değerlendirilemediğini vurgulamış ve sonuçların daha iyi anlaşılması için bilimsel korelasyon eksikliğini gidermek için bir yöntem önermiştir. Yöntem prensip olarak Pearson çarpım-moment korelasyon katsayısının özel bir halidir (Myers vd. 2010). Yöntem Charles Spearman'a atfedilerek Spearman'ın Rho Testi olarak adlandırılmıştır.

Zaman serilerinde trendin olup olmadığını test eden yöntemlerden biri de Mann-Kendall Testidir. Mann (1945) yayınlamış olduğu "Nonparametric Tests Against Trend" adlı çalışmada bir istatistik testinin amacının genellikle iki yada daha fazla eylem planı arasında karar vermek olduğunu bildirmiştir. Makalenin amacını trendlere karşı testlerin rastgeleliklerinin tartışılması olarak belirlemiştir. Yapılan testlerin taraflı bir yöntemle ele alınmaması gerektiğini, belirli durumlarda objektiflik unsurundan aykırı yapılmış bir testin yararsız olmaktan ziyade hiç test

yapılmamasından dahi kötü olduğunu bildirmiştir. Kendall (1948) ın yayınlamış olduğu “Rank Correlation Methods” eseri, derece korelasyon metotları ve teorisinde referans bir kitap haline gelmiştir.

Yukarıda bahsedilen iki istatistiki kaynak iklim bilimine uyarlanmıştır ve türetilen Mann-Kendall Test, Seasonal Mann-Kendall Test (Hirsch vd. 1982), Correlated Seasonal Mann-Kendall Test (Hipel ve McLeod, 1994), Multivariate Mann-Kendall Test (Lettenmaier, 1988), Partial Mann-Kendall Test (Libiseller ve Grimvall, 2002) vb. yöntemlerle trend analizleri gerçekleştirilmektedir.

Parametrik olmayan analizlerde en çok tercih edilen yöntemlerden biri Theil-Sen Regresyon analizidir. Theil-Sen yönteminde hesaplamalar medyan değer ile yapılır. Parametrik olmayan regresyon analizi alternatif tahmin yöntemlerinden biri sayılabilir. Literatürde az sayıda parametrik olmayan regresyon analiz yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan en bilinen ve kullanılan olanı Theil-Sen metodudur. Bu yöntem ilk olarak Theil (1950) tarafından önerilmiş daha sonra Sen (1968) tarafından Kendall tau yöntemiyle ilişkilendirmesiyle Theil-Kendall, Theil-Sen Metod ya da Sen’s Slope gibi isimlerle adlandırılmaya başlanmıştır (Erilli, 2021).

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) bünyesinde görev yapan Meteoroloji ve İklim Özel Uygulamalar Komisyonu (The Commission for Special Applications of Meteorology and Climatology) 1990 yılında René Sneyers önderliğinde bir çalışma yürütmüş ve René Sneyers’in 1975 yılında yayınlamış olduğu istatistiki bilgiler kitabının WMO ile ilgili konularını içeren bir versiyonunu oluşturmuştur. Tamamlanan çalışma WMO tarafından “On The Statistical Analysis of Series of Observations” ismiyle bir teknik not (Technical Note N° 143) olarak yayımlanmıştır. Teknik notun amaçları meteorolojik ve istatistiki çalışmalar konusunda iklim bilimcilere rehber olması, temel metotların kolay ve açık bir şekilde açıklanması, örneklerle metotların açıklanması ve uygulamalarının gösterilmesi, gerekliliği giderek artan modern istatistiki bir el kitabı oluşturulması olarak belirlenmiştir. Teknik notta anlamlılık testleri, parametrik ve parametrik olmayan testler, korelasyon testleri, deneysel tahmin yöntemleri, parametrik tahmin yöntemleri vb. metotlar açıklanmış ve

uygulamalara yer verilmiştir. İklimsel araştırmalarda istatistiki çalışmalar için bir başucu kaynağıdır.

Şen (2012), American Society of Civil Engineers (ASCE) tarafından 2014 yılında “Yılın En İyi Teknik Notu” ödülü alan bir çalışma yayınlamıştır. Teknik notta yaygın olarak kullanılan Mann-Kendall (MK) ve Spearman’s rho (SR) vb. trend tespit yöntemlerinin zaman serilerinin bağımsız yapısı, normal dağılım ve veri uzunluğu gibi bir takım kısıtlayıcı varsayımlar altında geçerli olduğu belirtilmiştir. Ayrıca pratik uygulamada teorik geçerlilik için ilave varsayımlar gerektiren regresyon yaklaşımı hariç trend büyüklüğünü hesaplamanın da mümkün olmadığını bildirmiştir. Çalışmasında zaman serilerinin Kartezyen Koordinat sistemine yerleştirilmesi temelini içeren yeni bir yöntem sunmuştur. Yöntemde Kartezyen sistemini ikiye bölen 45° lik açıya sahip çizgi trendsiz bölgeyi ifade etmektedir. Karesel alan taslağının üst üçgen kısmı artan trend ve alt kısmı ise azalan trend eğilimlerini işaret etmektedir. Bu yeni yaklaşım bir takım bağımlı ve bağımsız süreçler göz önüne alınarak Monte Carlo simülasyonları ile belgelenmiştir. Yöntemde MK ve SR yöntemlerindeki bahsi geçen varsayımlardan kaçınılmış, ilave olarak karesel alan taslağıyla trend büyüklüğünü hesap etmek mümkün hale gelmiştir. Şen, yöntemin uygulamasını dünyanın çeşitli noktalarındaki yağış ve akım zamansal serilerine uygulayarak örneklendirmiştir.

Şen (2018), trend analizlerinin belirli zaman serilerinde olası artan ve azalan eğilimleri tespit etmek için gerekli araçlar olduklarını belirtmiştir. Mann-Kendall trend testi, Spearman’s rho, Sen’in eğim yöntemi, regresyon çizgisi, Şen’in yenilikçi trend analiz yöntemi gibi birçok trend saptama yöntemi olduğunu ve literatürde bunların kullanımları, artı ve eksileri, karşılaştırmaları ile ilgili bir çok çalışma bulunduğunu bildirmiştir. Yayınlamış olduğu yeni çalışmasında bir zaman serisinin geçiş özelliklerine dayalı tamamen yeni bir (Crossing Trend Analysis Methodology - Geçiş Eğilim Yöntemi) yaklaşım önermiştir. Yöntemde belirli bir zaman serisinin merkezinden geçen aşağı ve yukarı yönlü eğim çizgilerinin toplam sayılarından maksimum olanının belirttiği yönde bir trend olduğu ortaya koyulmuştur. Bu yöntem zaman serisi bağımlı ya da bağımsız yapıda olsa dahi olasılık dağılım fonksiyonunun tipine bağlı olmaksızın uygulanabilir. Crossing Trend Analysis yönteminin geçerliliği kapsamlı Monte Carlo simülasyon tekniği ve onun diğer mevcuttaki trend belirleme

teknikleriyle karşılaştırılması ile ortaya koyulmuştur. Türkiye'nin fiziksel olarak birbirinden bağımsız çeşitli bölgelerinden elde edilen yıl bazında günlük ekstrem yağış verileri kullanılarak yöntemin uygulaması yapılmıştır.

Tez çalışması kapsamında tarihten beri süre gelen yaklaşımlar, yöntemler ve çalışmalar incelenmiştir. Literatürde çok sayıda trend analiz yöntemi ve türevleri olmakla birlikte temel olarak Spearman'ın rho, Mann-Kendall testi, Sen'in eğim metodu, Şen'in yenilikçi trend analiz yöntemlerinin yoğun bir şekilde güvenli ve anlamlı sonuçlar verecek şekilde uygulandığı görülmüştür. Çalışma kapsamında Batı Karadeniz Havzası'na ait yıllık minimum veriler kullanılarak yukarıda belirtilen dört yöntem kullanılmış ve sonuçlar karşılaştırılarak yorumlaması yapılmıştır. Trendlerin başlangıç zamanlarının tespit edilebilmesi amacıyla Mann-Kendall yönteminden türetilen bir yöntem olarak Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi uygulanmış ve sonuçlar grafiksel olarak sunulmuştur. Aşağıda trend analizleri kapsamında yapılmış olan dünya genelinde ve Türkiye özelindeki çalışmalar özetlenmiştir. Batı Karadeniz Havzası'nda bir takım çalışmaların varlığı görülmüş olmakla birlikte güncel verilerle daha kapsamlı bir çalışmaya ihtiyaç olduğu görülmüştür.

Genta vd. (1998), Güney Amerika'da bulunan başlıca dört büyük nehir olan Uruguay, Negro, Paraná, and Paraguay nehirlerinde 1901-1995 yıllarını kapsayan uzun dönem verileri için trendleri araştıran bir çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışma ile 1960'ların ortalarından itibaren ortalama akımlarda 30 yıllık bir periyot için farklı oranlarda doğrusal artış trendi tespit etmişlerdir.

Douglas vd. (2000), Amerika genelindeki verileri derleyen Hydro-Climatic Data Network (HCDN) ağının denetimindeki 1571 istasyondan verileri kullanılabilir olan 1474 adet istasyona ait verileri kullanarak Kendall's S trend test analizini yapmışlardır. Yapılan çalışma ile taşkın ve düşük akım verileri değerlendirilmiştir. Taşkın verilerinde %5 anlamlılık düzeyi kullanılarak yapılan analizlerde trend varlığına dair herhangi bir iz bulunamamıştır. Ancak düşük akımlarda geniş çaplı bakıldığında Ortabatı Amerika'da ve bölgesel olarak ise Ohio eyaletinde artan yönlü trend oluşumunu işaret eden sonuçlar elde etmişlerdir.

Birsan vd. (2005), İsviçre'deki bozulmamış akım rejimine sahip 48 havzadan günlük ortalama akım verilerini (1931-2000, 1961-2000, 1971-2000) yıllarını kapsayacak şekilde üç çalışma döneminde incelemişler ve parametrik olmayan Mann-Kendall testi ile trend analizlerini uygulamışlardır. Akarsu akışında eğilim tespit edilen istasyonları daha sonra yağış, sıcaklık değişimleri ve havza özelliklerini göz önüne alarak incelemişlerdir. Artan yönlü trend gözlemlenen istasyonlardaki artışların kış, ilkbahar ve sonbahardaki akım miktarlarındaki artışlardan kaynaklı olduğunu tespit etmişlerdir. Kış mevsiminde maksimum akımların, ilkbahar ve sonbaharda ise ortalama ve minimum akımların artan yönlü trendleri gözlemlenmiştir. Yaz akımlarında ise farklı olarak ortalama ve minimum akımlarda artan ve azalan yönlü trendler bulmuşlardır. Yağıştaki değişikliklerin akarsu akışında gözlenen eğilimleri açıklamada yeterli olmadığını belirtmişlerdir.

Yan vd. (2007), Çin'de yer alan Tarım Nehir Havzası'nın membasındaki akım değişiminin ve iklimsel değişkenlik koşullarının bölgesel hidrolojik döngü üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Atmosferik koşullar açısından oldukça değişkenlik gösteren ve kar, buz erimelerinin doğal hidrolojik rejimde önemli bir rol oynayabileceği trendlerin tespiti üzerine çalışılmıştır. 1957 ve 2002 yılları arasını kapsayan veriler kullanılarak Mann-Kendall testi ile 3 istasyonda dikkat çeken artan yönlü trendler tespit edilmiştir. Sonuçlar, memba havzalarının buzul ve eriyen kar sularının yüzey akışını beslenmesinden dolayı iklim değişikliği açısından en savunmasız ortamlar olduğunu ileri sürmektedir.

Dou vd. (2009), Çin'in Loess Platosu'nda yapmış oldukları çalışma ile 1950'lerin sonlarından beri bir dizi toprak koruma önlemlerinin uygulandığı akarsu havzasındaki akım değişimlerinin trendlerini incelemişlerdir. Havzaya ait 50 yıllık verilere parametrik olmayan Mann-Kendall testini uygulamışlar ve yıllık akımlarda, yerüstü akımlarında ve baz akımlarda anlamlı azalan yönlü trendler tespit etmişlerdir. Değişim noktalarını belirlemek amacıyla Pettitt testini uygulamışlar ve 1973 yılda oluşan kırılma doğrultusunda veri setlerinin 1957-1973 ve 1974-2006 olarak ayrılabilceğini belirlemişlerdir. Mevsimsel periyotlarda görülen azalma yaz mevsimlerinde en yüksek değerinde, kış mevsimlerinde ise en düşük seviyede gerçekleşmiştir. Tüm dönemler boyunca yıllık yağış önemli bir eğilim göstermemiştir, bu nedenle hidrolojik

değişkenlerdeki değişiklikler koruma önlemleri tarafından tetiklenmiştir. İki dönem için akış süresi eğrilerinin karşılaştırılması ile yüksek ve düşük akışlardaki azalmaların büyük ölçüde değiştiğini göstermiştir. Sonuçlar, koruma önlemlerinin Loess Platosu'nun bir havzasındaki hidrolojik değişkenlerde bariz değişikliklere yol açtığını göstermiştir.

Burn vd. (2010), Kanada'daki 68 akım gözlem istasyonundan elde edilen en az 50 yıllık verileri 40 ve 50 yıllık iki analiz dönemi için kullanmışlar ve ekstrem hidrolojik olayları göz önüne alarak maksimum ve minimum akımlardaki trendlerin tespiti amacıyla Mann-Kendall analizini uygulamışlardır. Sonuçlar beklenenden daha fazla trendin oluşmakta olduğunu göstermiştir. Yıllık ve bahar maksimum akımlarının miktarlarında ve ekstrem olayların süresinde azalan yönlü trendler gözlemlenmiştir. Minimum akımlarda ise hem artan hem de azalan yönlü trendler tespit etmişlerdir.

Gautam ve Acharya (2011), Himalaya kar örtüsünün güney kısmında olması ve şiddetli muson yağmurlarına maruz kalması açısından kritik bir lokasyonda bulunmasına rağmen yeterince çalışılmamış bir ülke olan Nepal'in akım verileri üzerine trend analizleri uygulamışlardır. Veri miktarı 31 yıl olan 23 hidrolojik istasyondan ve 20 yıldan fazla veriye sahip 33 hidrolojik istasyondan teşkil edilen iki veri setine Mann-Kendall ve Sen'in trend testlerini uygulamışlardır. 33 istasyondan oluşan veri setinde %23 oranında anlamlı artan ve azalan yönlü trendlerin varlığı tespit edilmiştir. 23 istasyonun bulunduğu diğer veri setinde de benzer şekilde %24 oranında %41 azalan yönlü ve %59 artan yönlü trendler tespit etmişlerdir. Muson öncesi dönemde ve kış mevsimindeki ortalama akımlarda tespit edilen artan yönlü trendlerde kar erimelerinin kayda değer olduğunu ve büyük havzaların döküldüğü istasyonlarda genel olarak trend gözlemlenmediğini belirtmişlerdir.

Subash vd. (2011), Hindistan'da yer alan hemen hemen tüm alt havzalarda muson sezonunun yağmur suyunun kaynağı olduğunu belirtmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada aylık ve yıllık bazda trendin varlığını sorgulamış ayrıca ekstrem olayların ve 1871-2008 yılları arasındaki su kıtlıklarını incelemişlerdir. Trendlerin büyüklüğünü Sen'in Eğim Metodu ile tespit etmişlerdir. Trend sonuçları Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho trend testleri ile tespit edilmiş olup Hindistan'ın 30 alt havzası içinde

benzer sonuçlar elde edilmiştir. Alt havzaların büyük kısmında muson yağmurlarında azalan yönlü bir trend bulunmuştur.

Shadmani (2012), İran'ın kurak bölgelerindeki evapotranspirasyon (bitkilerden ve toprak + su yüzeyinden meydana gelen su kaybı) (ETo) değerlerinin zamansal eğilimlerini araştırmışlardır. Bu amaçla kaliteli veri sağlayan 11 meteorolojik istasyona ait 1965-2005 yılları aralığını kapsayan 41 yıllık verileri kullanmışlardır. Derlenen verilere parametrik olmayan Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testlerini uygulayarak %5 anlamlılık düzeyine göre aylık, mevsimlik ve yıllık süreler için ETo da oluşan anlamlı trendleri tespit etmişlerdir. Farklı bölgelere ait ETo değerlerinde artan ve azalan trendler tespit edilmiştir. Genel olarak Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testlerinin performans ve yeterliliklerinin anlamlı düzeyde tutarlı olduğu görülmüştür.

Hajani vd. (2014), iklim değişikliğinin hidrolojik çevrimi buharlaşma ve yağım miktarı gibi çeşitli yollarla etkileyebileceğini belirtmiş ve çalışmalarında Avustralya'nın New South Walles (Yeni Güney Galler) eyaletini ele almışlardır. Yeni Güney Galler eyaletinde belirlemiş oldukları 30 adet istasyonun yıllık maksimum yağış verilerini 6 dakikadan 3 güne kadar farklı periyotlarla, Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testlerini kullanarak analiz etmişlerdir. Bir saatten az aralıklı periyotlardaki yağışların artan yönlü bir trend göstermelerine karşılık uzuz süreli periyotlardaki olaylarda belirgin azalan yönlü trendler tespit etmişlerdir. Ayrıca Mann-Kendall ve Spearman'ın rho testlerinin bazı yağış olaylarında dikkat çeken farklılıklar gösterdiğini belirtmişlerdir.

Sulaiman vd. (2015), Malezya'nın Pahang Nehri üzerinde yer alan Lubuk Paku, Sg. Yap ve Temerloh istasyonlarındaki verileri parametrik olmayan Mann-Kendall trend testi ile analiz etmişlerdir. Lubuk Paku istasyonu için artan yönlü anlamlı bir trend gözlemlenmekle birlikte diğer iki istasyon için herhangi bir eğilim gözlenmemiştir. Güney Çin Denizi'nde meydana gelen ve Kasım-Mart aylarında Pahang'ı etkileyen doğu muson yağmurlarının hidrolojik model ve eğilimleri dikkate değer şekilde etkilediğini belirtmişlerdir.

Kahya ve Kalaycı (2004), Türkiye’de 26 havzaya ait 31 yıllık aylık akım verisini hidrolojik zaman serilerinde lineer trendleri tespit etmede uygun araçlar olarak görülen dört parametrik olmayan yöntem olan Sen’in T, Spearman’ın Rho, Mann-Kendall ve Mevsimlik Mann-Kendall testlerini kullanarak analizler yapmışlardır. Aylık akım verilerinin homojenlik testleri Van Belle ve Hughes tarafından geliştirilen bir prosedür kullanılarak yapılmıştır. Böylelikle Van Belle ve Hughes’in homojenlik testlerinin ve havza geneli hidroklimatik değişkenlere ait trend testlerinin yapıldığı geniş çaplı bir çalışma yapılmıştır. Sonuçlara göre Türkiye’nin batısında yer alan havzalar 0,05 ve daha düşük seviyelerde anlamlılık düzeyinde aşağı yönlü bir trend sergilerken, Türkiye’nin doğusunda yer alan havzalarda herhangi bir trend gözlemlenmemiştir. Birçok noktada belirtilen dört trend testi de trend varlığı hakkında benzer sonuçlar vermiştir.

Cıgızoğlu vd. (2004), Türkiye’nin 24 farklı hidrolojik bölgesinde yer alan 100 civarında akım gözlem istasyonundan elde edilen günlük verileri kullanarak maksimum, minimum ve ortalama akımlarda trend varlığını sorgulamışlardır. Trend analizlerini parametrik t testi ve parametrik olmayan Mann-Kendall testini kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre Türkiye’nin batı ve güneyinde yer alan nehirlerin çoğunda ve doğu ve orta bölgelerin ise bazı kesimlerinde trend varlığı tespit edilmiştir. Ortalama ve minimum akımlardaki trend varlığının maksimum akımlara göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Birkaç istasyon dışında akımlarda azalan yönlü bir trend tespit edilmiştir. Türkiye’nin batı ve güney bölgelerinde özellikle ortalama ve minimum akımlarda son 30-60 yıllık periyot için belirgin bir azalış görülmüştür. Elde edilen sonuçlar Türkiye’de yürütülen yağış eğilim çalışmaları ile uyumludur.

Bulut vd. (2006), Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) bölgesinde yer alan Atatürk Barajı’nın iklimsel parametrelere etkilerini incelemek amacıyla bölgenin iki önemli şehri olan Şanlıurfa ve Adıyaman illerindeki ölçüm istasyonlarından elde ettikleri aylık ortalama ve yıllık ise maksimum, minimum ve ortalama olmak üzere sıcaklık, bağıl nem, rüzgâr hızı değerlerini kullanmışlardır. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden (MGM) elde ettikleri 1972-2003 yıllarını kapsayan en az 26 yıllık verilere Lineer Regresyon, Mann-Kendall ve Sen eğilim metodlarını uygulayarak trend analizlerini

gerçekleştirmişlerdir. Sonuçlar her üç yöntemde de aynı olarak toplam yağışta önemli bir değişimin olmadığını, sıcaklık ve bağıl nemde artan yönlü bir trendin varlığını ve rüzgar hızında ise azalan yönlü bir trend olduğunu ortaya koymuştur.

Yenigün vd. (2008), Türkiye'nin en büyük havzası olan Fırat Havzası'nda seçmiş oldukları 22 adet istasyona ait maksimum, minimum ve ortalama akımlara parametrik olmayan Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho trend testlerini uygulamışlardır. Tüm istasyonlarda 24 yıldan fazla olmakla birlikte 24 - 44 yıl aralığında değişen miktarda veriler ile çalışmışlardır. Tespit edilen trendlerin başlangıç yıllarını belirlemek için Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testini ve lineer trend eğilimlerinin tespiti için ise Sen'in Trend Eğim metodunu kullanmışlardır. Yıllık minimum akımlar göz önüne alındığında 6 istasyonda azalan yönlü ve sadece 1 istasyonda artan yönlü trend tespit edilmiştir. Yıllık maksimum akımlara göre herhangi bir istasyonda trend tespit edilememiş olup ortalama akımlara göre ise bir istasyonda azalan yönlü trendin varlığı ortaya koyulabilmiştir.

Çoban (2013), Türkiye genelinde seçmiş olduğu 80 yağış ölçüm istasyonuna ait 1971-2010 yıllarını kapsayan verileri derlemiş ve yağış trendlerinin tespiti amacıyla Mann-Kendall testi, Regresyon ve Şen'in eğilim testlerini kullanarak analizler yapmıştır. Seçilen istasyonlardan 13 tanesinde anlamlı trendler tespit edilmiştir.

Dabanlı vd. (2016), hidro-meteorolojik zaman serilerinin son 30-40 senede iklim değişiminden kaynaklı olarak trend oluşumları gösterdiğini belirtmişlerdir. Literatürde trend tespiti için farklı yöntemler olduğunu, farklı bakış açıları sağlamalarıyla bilinen iki önemli yöntemin ise Mann-Kendall trend testi ve son zamanlarda öne çıkan Şen'in Yenilikçi Trend Metodu olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmanın ana amacı iki yöntem arasındaki önemli farklılıkları ve olası benzerliklerini ortaya koymaktır. Mann-Kendall testi neredeyse tüm istasyonlarda belirgin bir trend işaret etmemesine rağmen Yenilikçi Şen Metodu sonuçları çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek olarak kategorize etmektedir. Kategorizasyonlardan "çok yüksek" sonucu taşkın ve "çok düşük" sonucu kuraklık çalışmalarında gelecekte göz önünde bulundurulmalıdır. Çalışma kapsamında Türkiye'nin Avrupa'da kıtasındaki bölümünde yer alan Ergene Irmağı Havzası'nda seçilen 8 istasyonun yağış, sıcaklık, bağıl nem ve akım verileri

1961 den 2010 yılına kadar olan aralığı kapsayacak şekilde derlenerek analizler yapılmıştır. Sonuçlar Ergene Havzası sıcaklıklarının “yüksek” ve “çok yüksek” mertebelerinde önemli bir artış trendinde olduğunu göstermektedir ve bu da havzanın gelecekte daha kuru mevsimlere eğilimli olabileceği fikrini desteklemektedir.

Ercan ve Yüce (2017), Türkiye’nin Kızılırmak Havzası’nda yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık değerleri üzerine trend analizleri uygulayarak eğilimleri tespit etmek üzere çalışmalar yapmışlardır. Yöntem olarak Mann-Kendall testini ve veri seti olarak ise 36 istasyona ait 1975-2015 yıllarını kapsayan 40 yıllık periyotta değişen miktarlarda veriyi kullanmışlardır. Toplam yıllık yağış açısından istasyonların birçoğunda trend eğilimi gözlenmemiştir ancak yıllık sıcaklık değerlerinde %5 anlamlılık düzeyine göre artan yönlü trend varlığı ortaya koyulabilmektedir.

Akçay (2018), Türkiye’nin Doğu Karadeniz Havzası’nda yer alan 14 adet akım gözlem istasyonuna ait 1962-2015 yılları arasındaki aylık ve yıllık akım verilerine Mann-Kendall, Şen’in Yenilikçi Trend Analiz Yöntemi ve Şen’in Geçiş Eğilim Yöntemini uygulayarak trend varlığını sorgulamıştır. Yıllık ortalama akımlarda Mann-Kendall ve Şen’in Geçiş Eğilim Yöntemi ile herhangi bir eğilim tespit etmemiş olmakla beraber Şen’in Yenilikçi Eğilim Yöntemi’ne göre çeşitli trendlerin varlığını tespit etmiştir. Aylık ortalama akımlar ile yapılan analizlerde ise Şen’in Geçiş Eğilim ve Mann-Kendall test sonuçlarının çoğunlukla herhangi bir eğilimi işaret etmemekte olduğu ancak Şen’in Yenilikçi Eğilim Yöntemi’ne göre düşük, orta ve yüksek değerlerde farklı eğilimlerin olduğu tespit edilmiştir. Yazar yapılan çalışma sonucunda Temmuz ve Ağustos aylarında belirgin şekilde azalan yönlü bir trendin var olduğunun ayrıca ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde orta ve yüksek değerlerde artan yönlü trend varlığının tespit edildiğini belirtmektedir.

Çeribaşı (2018), Batı Karadeniz Bölgesi’nde seçmiş olduğu 10 adet meteorolojik istasyona ait 1980-2011 yıllarını kapsayan 31 yıllık yağış veri setlerini kullanarak Yenilikçi Şen yöntemiyle analizler yapmıştır. Analiz sonuçlarına göre 5 istasyonda herhangi bir trend gözlemlenmezken, 4 istasyonda azalan ve 1 istasyonda ise artan yönlü trendin varlığı belirlenmiştir. Azalan trende sahip istasyonların olduğu bölgelerde yağışların azalacağı ve kuraklık riskinin arttığı ortaya koyulmuştur.

Kale ve Sönmez (2018), Kastamonu ilinden geçen Daday Çayı akım verilerini kullanarak aylık, mevsimsel ve yıllık aralıklarla analizler yapmışlardır. Aylık akım verileri 1988-2007 yılları aralığını kapsayacak şekilde derlenmiş, Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testleri uygulanmıştır. Belirlenen aralıkta Daday Çayı yıllık ortalama akımları belirgin bir azalma eğilimi göstermiştir. Mevsimsel trend analizi ile tüm sezonlar için bütün istasyonlarda belirgin bir azalan yönlü trend tespit edilmiştir. Aylık verilere ait trend analizleri şubat, mart, nisan ve haziran ayları hariç belirgin bir azalma eğilimi göstermiştir. Su kaynaklarındaki bu azalmanın iklim değişikliğine bağlı sıcaklık artışları ve yağış azalmasından kaynaklı olabileceğini belirtmişlerdir.

Elmalı (2019), küresel ısınmanın etkilerini değerlendirmek üzere Türkiye genelinde 26 akarsu havzasından seçmiş olduğu 96 akım gözlem istasyonuna ait 1970-2011 yılları arasındaki yıllık ortalama akım verilerini kullanmıştır. Öncelikle Standart Normal Homojenlik, Buishand ve Pettitt testlerini uygulayarak homojenlik analizleri yapmış daha sonra homojen olduğunu tespit edilen 85 istasyonun verilerine parametrik olmayan Mann-Kendall testini ve Sen'in eğim metodunu uygulayarak trend analizlerini gerçekleştirmiştir. Yenilikçi Şen Metodu ile de akımların düşük, orta ve yüksek olarak trend durumlarını değerlendirmiştir. Mann-Kendall testine göre 3 istasyonda artan yönlü trend, 26 istasyonda azalan yönlü trend tespit etmiş ancak 56 istasyonda ise anlamlı bir trend varlığı gözlemleyemediğini bildirmiştir. Şen yöntemi ve Mann-Kendall analiz sonuçlarının birbiri ile uyumlu olduğunu kaydetmiştir.

Tokgöz ve Partal (2020), Karadeniz Bölgesi'nin yağış ve sıcaklık değerleri üzerine yaptıkları çalışma ile bölgede trend varlığını sorgulamışlardır. Bölgeyi temsil amaçlı olarak seçmiş oldukları 16 istasyona ait 1960-2015 yılları için derlenen sıcaklık ve yağış verilerini Mann-Kendall ve Yenilikçi Şen Yöntemi ile analizlere tabi tutmuşlardır. Sıcaklık verileri için yapılan analizlerde Yenilikçi Şen Yöntemi ile tüm istasyonlarda artan yönlü trendin varlığı tespit edilmiş olmakla beraber bu sayı Mann-Kendall testi sonuçlarına göre 7 istasyondur. Yağış verileri ile yapılan analizlerde de sıcaklık veri analiz sonuçlarına benzer çıktılar elde edilmiştir. Genel kapsamda ise Karadeniz Bölgesindeki yağış ve sıcaklıklarda artan yönlü bir eğilim olduğu tespit edilmiştir.

Çeliker vd. (2021), Kayseri’deki Taçın karstik kaynağının deşarj eğilimini ve ilkbahar deşarjını etkileyen iklim parametrelerinin değişim eğilimlerini analiz etmişlerdir. Bu amaçla, karstik pınarın 1975-2017 yılları arasındaki aylık ortalama debisi ve kaynağa yakın meteoroloji istasyonlarına (Kayseri, Pınarbaşı, Gemerek ve Şarkışla) ait aylık ortalama sıcaklıklar ve yağış parametreleri kabul edilmiştir. Trend analizlerinde lineer olmayan testlere ek olarak parametrik olmayan Spearman Rho (SR), Mann Kendall (MK) ve Şen-Innovative Trend analiz testleri (Şen-ITA) kullanılmıştır. Buna bağlı olarak, Pınarbaşı ve Kayseri istasyonlarının yağış parametresindeki değişim trendinde azalma, Gemerek ve Şarkışla istasyonlarının sırasıyla ölçümlerinde artış, Taçın karstik kaynağının akış debisinde ise belirgin bir azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Sıcaklık parametresi yönünden bu dört istasyonun tümünde benzer bir artış yaşandığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, Taçın karstik akiferinin akım deşarjlarındaki azalma eğiliminin, karstik akiferin güney kesiminde gözlenen yağış eğilimindeki azalmadan kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Yukarıda detayları verilen önceki çalışmalar incelenerek dünyada yoğun olarak kullanımı ve güvenli sonuçlar vermeleri göz önüne alındığında çalışma kapsamında Mann-Kendall, Spearman Rho, Sen’in Trend Eğim Metodu, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi, Şen’in Yenilikçi Trend Analizi yöntemleri kullanılmıştır. Mezkûr yöntemlerin hep birlikte kullanılması havza için bir ilktir. Önceki çalışmalarda bu yöntemlerin bir veya bir kaç kullanılmış kısıtlı analizler üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Bu yöntemlerin topyekûn kullanılması ile sonuçların birbiri ile teyit edilmesine imkân sağlanmıştır. Havzada yer alan Devrekâni örnekleme üzerinden sulu ve kuru tarım yapılması durumları kıyas edilerek kuru tarım yapılması durumunda oluşan gelir kaybı incelenmiş ve kuraklığın parasal sonuçları örneklendirilmeye çalışılmıştır.

2.1.3 Veri Tamamlama Üzerine Yapılan Çalışmalar

Havzadaki akım gözlem istasyonlarının envanteri çıkarıldıktan sonra uzun yıllara ait akım gözlem verileri incelenmiş olup çalışmanın sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi amacıyla eksik verilerin tamamlanması gerektiği tespit edilmiştir. Eksik verilerin

tamamlanması amacıyla çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden bazı önemli olanları aşağıda listelenmiştir.

- a) İnterpolasyon
- b) Regresyon Analizi
- c) Zaman Serisi Analizi
- d) Yapay Sinir Ağları
- e) Expectation Maximization (Beklenti En Büyükleme)
- f) Markov Zinciri
- g) Weibull Dağılımı
- h) Dalgacık-Sinir Ağı Yaklaşımı
- ı) Nehir Akım Denklemleri

Akım gözlem verilerini tamamlamada kullanılan yöntemler irdelenmiş ve uygulamada kolaylık, süreçlerin adım adım takip edilebilmesi, daha az girdi sayısı ve varsayıma dayanması özellikleri göz önüne alındığında Regresyon Analizi yönteminin kullanılması uygun görülmüştür. Eksik veri tamamlama üzerine yapılmış daha önceki çalışma, yöntem ve analizlere ait bilgiler aşağıda verilmektedir.

Terzi ve Köse (2012), yapmış oldukları çalışmada, akarsu akım verilerinin akarsuyun belirlenen noktalarına kurulan gözlem istasyonları ile elde edildiğini ancak çeşitli sebeplerle bu verilerin alınamaması veya istasyonların arızalı olması durumlarında eksik verilerin oluştuğunu belirtmişlerdir. Eksik verilerin tamamlanması için yapay sinir ağları (YSA) yönteminin yaygın olarak kullanıldığını belirtmişlerdir. Göksu Nehri'nde seçmiş oldukları istasyonlardaki 1990-2010 yılları arası günlük akım değerlerinde yer alan eksik verileri YSA yöntemi ile tamamlayarak değerlendirmelerde bulunmuşlardır. Yaptıkları performans değerlendirmesinde YSA modelinin eksik verilerin tamamlanmasında uygun bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir.

Şahin (2012), akım verilerini tamamlama üzerine geniş çaplı bir araştırma yapmış olup çalışmasında Beklenti En Büyükleme (EM) Algoritmasını kullanmayı tercih etmiştir. Yöntemi uygulamak için SPSS istatistik paket programının eksik veri analizleri

modülünü kullanmıştır. Yöntemin avantajının, veri setlerinde karşılıklı verilerin eksik olması durumunda dahi algoritmanın uygulanabilmesi ve ölçülen tüm değerlerin ihmal edilmeden göz önüne alınabilmesi olarak belirtilmiştir. Yöntemde kullanılan SPSS programının arka planda yaptığı işlemlerin kontrol edilememesi en önemli dezavantaj olarak göze çarpmaktadır.

Bakış ve Göncü (2015), yapmış oldukları çalışmada Drenaj Alan-Oranı Metodu ve Regresyon Analizi yöntemlerini kullanarak iki yöntemle de eksik verileri tamamlayarak karşılaştırma yapmışlardır. Yöntemlerin ikisinde de eksik verilerin tamamlanabilmesinin mümkün olduğunu bildirmişlerdir. Eksik verilerin tamamlanmasında veri boyutunun önemine değinmiş ve eksik veri miktarının fazla olmasının orijinal verilerden sapmalara yol açtığına değinmişlerdir.

Alashan (2015), Orta Fırat Havzası'nda yer alan Murat Nehri üzerinde yer alan akım gözlem istasyonlarını kullanarak Nehir Akım Denklemleri Yöntemi ile eksik verilerin tamamlanması üzerine çalışmalar yapmıştır. Çalışmada veri setlerinin kısa olması veya uzun periyotlu veri setlerinde büyük boşlukların olması durumunda istatistik analizlerin güven vermeyeceği belirtilmiştir. Yöntemde havza alanı, denklem katsayıları, düzeltme katsayıları göz önüne alındığında daha çok ampirik bir metot olduğu görülmektedir.

Yapılan çalışmalar göz önüne alındığında tek bir yöntem için en iyi ve uygun tanımlaması yapılamamaktadır. Tüm yöntemlerin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajlarının olduğu görülmektedir. Bu tez çalışmasında veri tamamlamada süreçlerin takip edilebilmesine olanak sağlayacak şekilde oluşturulmuş olan Corelation Master Excel programı kullanılmıştır. Ekstrem verilerin etkilerini minimize etmek üzere gerekli çalışmalar yapılarak verilerin gerçeğe en yakın şekilde tamamlanması sağlanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Akarsu Akım Verileri

Akarsu akımı veya debisi, akarsuyun herhangi bir kesitinden birim zamanda geçen su miktarıdır. Akım birimi m^3/sn olmakla birlikte aylık veya yıllık toplam akımlar milyon metreküp veya hektometreküp cinsinden hm^3/sn birimi ile ifade edilebilir.

Akarsuların akımı yıl içerisinde çeşitli faktörlerden etkilenerek değişir. Bu etkenler yağış miktarı, yağış rejimi, yağış tipi, akarsu yatağını oluşturan zeminin özellikleri, kaynak suları, sıcaklık ve buharlaşma olarak sıralanabilir. Akarsu yatağını oluşturan zemin özellikleri statik bir etkindir. Akarsu yataklarındaki zemini oluşturan kayalık tabakasının suyu geçirgenliği akarsuların akım verilerini etkilemektedir. Yağış miktarı, yağış rejimi, yağış tipi, sıcaklık ve buharlaşma ise mevsimsel ve iklimsel parametrelere bağlı dinamik etkenlerdir. Farklı zamanlarda ve koşullarda akımları artıran ya da azaltan yönde etki gösterirler.

Akarsu akım verileri iklim bilimi çalışmalarında kullanılmak, akarsu yataklarında düzenlemeler yapmak ve kanal, köprü, baraj, regülatör, gölet, sel kapanı, tersip bendi, ıslah sekisi, sulama tesisleri vb. gibi mühendislik yapılarında hidrolik tasarım kriterleri oluşturmak maksadıyla gözlem ve kayıt altına alınmaktadır. Akarsulara ait verilerin periyodik olarak gözlenmesi amacıyla akarsuların belirlenen noktalarına akım gözlem istasyonları inşa edilmektedir. Elde edilen akım verileri incelenip yorumlanarak ve istatistiki kıstaslar uygulanarak çalışmalarda kullanılır.

Akım verileri belirlenen zaman kriterine göre ortalama, maksimum ve minimum akımlar olarak üç farklı şekilde yorumlanmaktadır. Ortalama akımlar bir akarsu havzasının su potansiyelinin ortaya koyulabilmesi, mühendislik yapılarının hidrolik hesaplarının yapılabilmesi çalışmalarında yoğun olarak kullanılmaktadır. Maksimum akımlar taşkın çalışmalarında ve minimum akımlar ise kuraklıkla ilgili çalışmalarda önem arz etmektedir.

3.1.2 Çalışmada Kullanılan Veriler ve Seçilen İstasyonlar

Batı Karadeniz Havzası kapsamında yapılan bu çalışmada kuraklık etkisinin değerlendirilmesi amacıyla minimum akım verileri kullanılmıştır. Havzada kayıtları tutulmuş açık-kapalı tüm akım gözlem istasyonlarının envanter listesi çıkarılmıştır. Toplamda 126 adet akım gözlem istasyonu tespit edilmiş olup harita çalışmaları ile Arcgis programında konumlandırılarak görseller oluşturulmuştur. Şekil 3.1’de havzaya ait tüm kayıtları içeren istasyonlar görülmektedir. İstasyon tespit çalışmalarından sonra istasyonlar bir seçilime tabi tutulmuş ve seçilen istasyonlardaki minimum akım verileri toplanıp düzenlenerek çalışmanın ana iskeleti oluşturulmuştur.

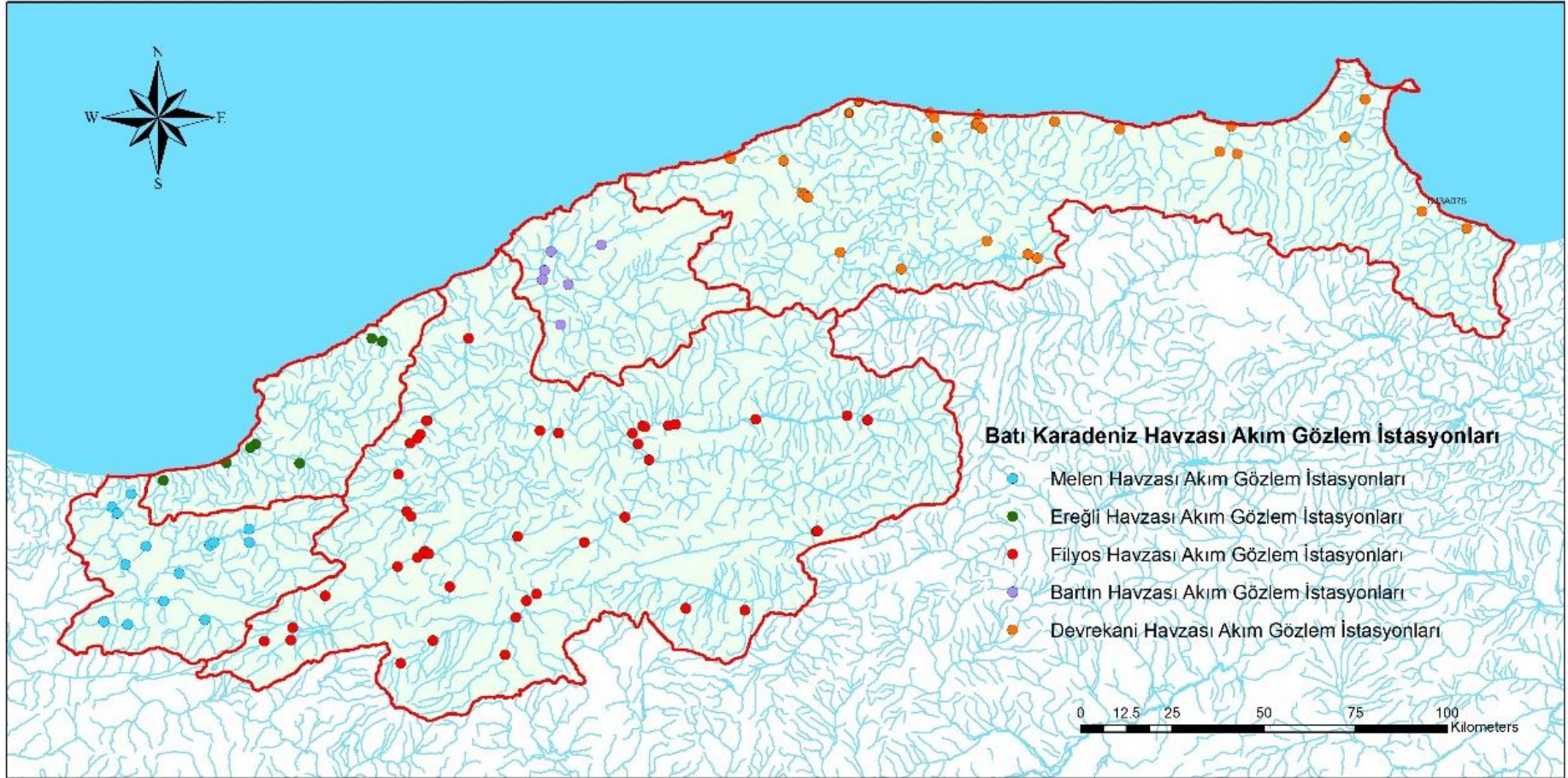
Yapılan incelemelerde akım gözlemlerinde yoğun olarak eksik veriler olduğu görülmüştür. Çalışmaların sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi için minimum akım verilerindeki eksikliklerin tamamlanması gerektiği görülmüştür. Akım verilerinin tamamlanması için bir sistematik oluşturulmuştur ve bu amaçla birbirine yakın istasyonlar gruplandırılmıştır. Aynı ana akarsu ve kolları üzerinde yer alan istasyonlar listelenerek eksik veri tamamlama işlemleri korelasyon katsayısı en yüksek ikililer arasında yapılmıştır. Bu şekilde Batı Karadeniz Havzasında gruplanan istasyonlardan en uygunları seçilerek havzanın tamamını doğruya en yakın olacak şekilde yansıtan bir sonuç ortaya koyulabilmektedir.

Havza genelindeki tüm istasyonlar incelenerek bir eliminasyona tâbi tutulmuşlardır. Akım gözlem istasyonlarının seçiminde;

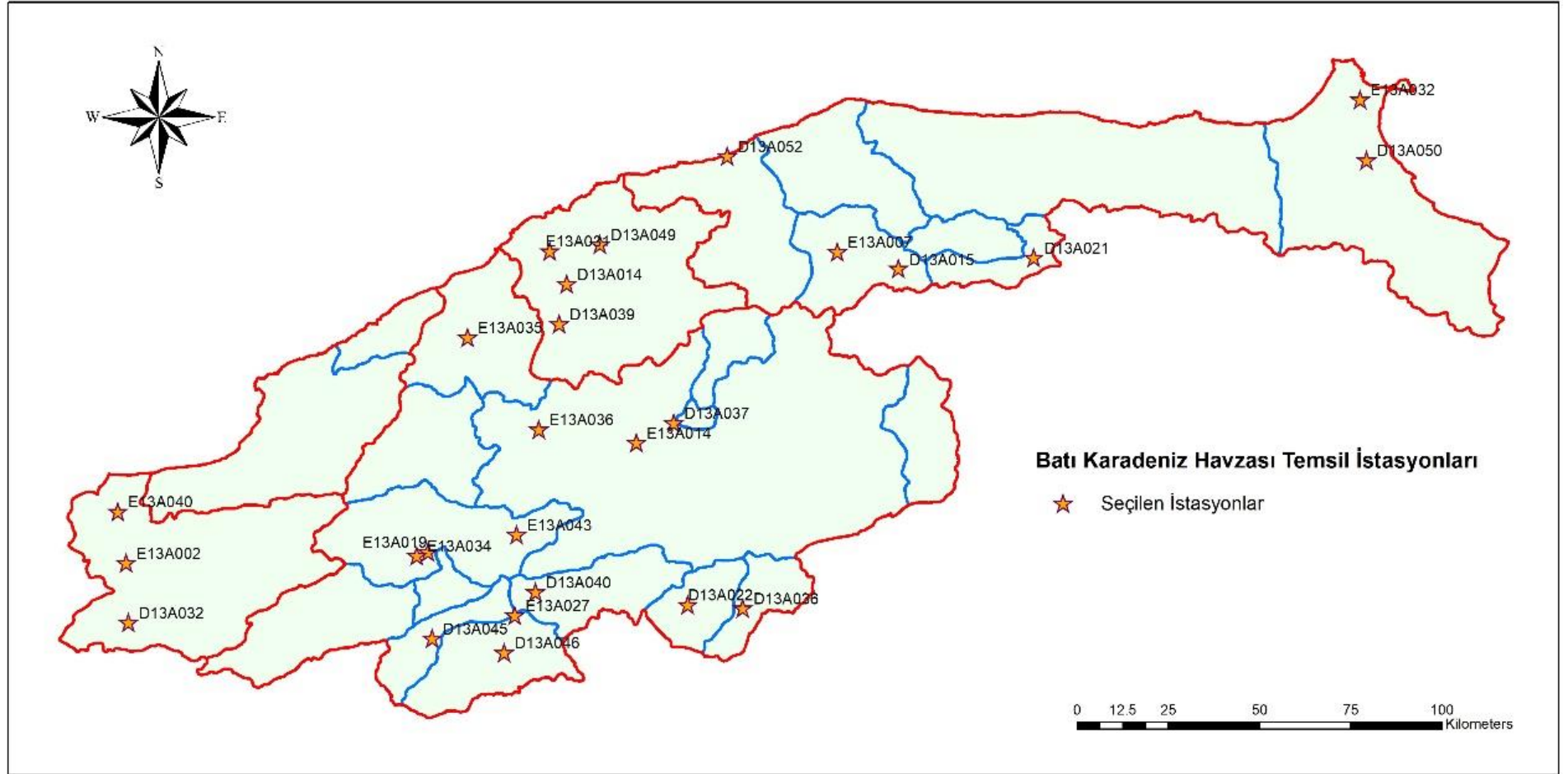
- a) Verilerin güncelliğinin sağlanması için istasyonların açık-kapalı olma durumları
- b) Mümkün mertebe verilerin sağlıklı ve eksiksiz olması
- c) Havzanın genelinin doğru bir şekilde temsil edilebilmesi için istasyon konumları
- d) İstasyonların anakol - yankol üzerinde bulunma durumları ve havza alanları
- e) İstasyonların yaklaşık kot değerleri

f) Sulama alanlarının kuraklık yönünden değerlendirilebilmesi için istasyonlarla çakışma durumları göz önünde bulundurulmuştur.

Akım gözlem istasyonu seçimlerinde öncelikle son yıllara ait verilerin mümkün mertebe eksiksiz olmalarına dikkat edilmiş güncel durum itibariyle açık gözlem istasyonlarına ağırlık verilmiştir. AGİ lerde yer alan veriler incelenmiş ve verilerin sağlıklı bir şekilde kayıtlarının tutulduğunun görüldüğü 1984 yılından itibaren olan 37 yıllık kısımlar dikkate alınarak derleme yapılmıştır. Bu sayede aynı zaman diliminde yer alan veriler değerlendirilerek havza genelinde bir eşgüdüm sağlanmıştır. Bununla birlikte havzanın genelini temsil eden bir çalışma yapılabilmesi amacıyla Düzce'den Sinop'a kadar tüm alt havzalar incelenmiş ve istasyonların havzaya homojen olarak dağılmış olmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 3.1 Batı Karadeniz Havzası akım gözlem istasyonları



Şekil 3.2 Çalışma kapsamında kullanılmak üzere seçilen istasyonlar

Tablo 3.1 Batı Karadeniz Havzası çalışma kapsamında seçilen istasyonlara ait bilgiler tablosu

Sıra		AGİ No	İstasyon Adı	Akarsu Adı	Gözlem Miktarı (Yıl)	Yağış Alanı (km ²)	Yaklaşık Kot (m)	Koordinat
1	Melen Havzası	D13A032	Dereevi	Aksu Deresi	45	71,50	873	30°59'50" Doğu - 40°42'34" Kuzey
2		E13A002	Yakabaşı	Büyük Melen Deresi	68	1988,00	115	30°59'9" Doğu - 40°51'22" Kuzey
3		E13A040	Beyler	Büyükmelen	40	2174,00	23	30°57'18" Doğu - 40°58'57" Kuzey
4	Bartın Havzası	D13A014	Bayıryüzü	Ulus Çayı	56	1016,00	50	32°24'41" Doğu - 41°33'37" Kuzey
5		D13A039	Boğazköy	Kocanaz Çayı	46	332,00	130	32°23'15" Doğu - 41°27'42" Kuzey
6		D13A049	Darıören	Arıt Çayı	37	137,00	230	32°31'14" Doğu - 41°39'32" Kuzey
7	Filyos Havzası	E13A031	Bartın	Kocairmak	52	1342,00	15	32°21'20" Doğu - 41°38'30" Kuzey
8		D13A022	Akhasan	Akhasan Deresi	51	76,50	1180	32°48'0" Doğu - 40°46'0" Kuzey
9		D13A036	Yalaközü	Hacılar Deresi	49	88,30	1179	32°59'27" Doğu - 40°45'43" Kuzey
10		D13A037	Çevrikköprü	Eflani Çayı	49	537,10	322	32°45'51" Doğu - 41°13'9" Kuzey
11		D13A040	Bahçedere	Gerede Çayı	44	1343,00	1095	32°19'0" Doğu - 40°48'0" Kuzey
12		D13A045	Yağbaşlar	Ulus Deresi	38	196,00	1183	31°59'0" Doğu - 40°41'0" Kuzey
13		D13A046	Salur Köprüsü	Markoşa Deresi	38	240,00	1200	32°59'27" Doğu - 40°45'43" Kuzey
14		E13A014	Karabük	Soğanlı Çayı	55	5086,80	271	32° 38' 35" Doğu - 41° 10' 11" Kuzey
15		E13A019	Gökçesu	Mengen Çayı	56	786,30	507	31°58'2" Doğu - 40°53'47" Kuzey
16		E13A027	Afatlar	Ulus Çayı	54	953,60	1142	32°15'3" Doğu - 40°44'32" Kuzey
17		E13A034	Beşdeğirmenler	Bolu Çayı	50	1095,30	541	31° 55' 48" Doğu - 40° 53' 12" Kuzey
18		E13A035	Çaycuma	Filyos Çayı	57	13300,40	19	32°5'15" Doğu - 41°25'36" Kuzey
19		E13A036	Yenice	Yenice Irmağı	42	8966,00	117	32°19'24" Doğu - 41°12'6" Kuzey
20		E13A043	Arak	Korubaşı Deresi	29	125,00	780	32°15'17" Doğu - 40°56'28" Kuzey
21	Devrekâni Gerze Havzası	D13A015	Cürümören	Devrekâni Çayı	55	729,00	924	33°30'8" Doğu - 41°35'58" Kuzey
22		D13A021	Çorbacı	Devrekâni Çayı	53	45,50	1094	33°56'49" Doğu - 41°37'24" Kuzey
23		D13A050	Şamlıoğlu	İspa Çayı	37	17,00	85	35°2'54" Doğu - 41°50'57" Kuzey
24		D13A052	Cide	Kocaçay	36	2303,70	5	32°56'20" Doğu - 41°52'39" Kuzey
25		E13A007	Azdavay	Devrekâni Çayı	67	1097,60	815	33°18'3" Doğu - 41°38'28" Kuzey
26		E13A032	Hacılar Köprüsü	Karasu	52	340,00	20	35°1'57" Doğu - 41°59'57" Kuzey

3.1.3 Çalışma Alanı; Batı Karadeniz Havzası

Batı Karadeniz Havzası, 40°34'42" – 41°27'52" kuzey enlemleri ile 30°52'33" – 35° 12'12" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Havza toplamda 2.896.766 hektar alan kaplamaktadır.

Batı Karadeniz Havzası güney batısında Sakarya Havzası ile, güney doğusunda Kızılırmak Havzası ile, kuzeyde ise Karadeniz ile sınırlıdır. Aşağıdaki haritada (Şekil 3.3) Batı Karadeniz Havzası'nın Türkiye'deki konumu görülmektedir.



Şekil 3.3 Batı Karadeniz Havzası'nın Türkiye'deki konumu

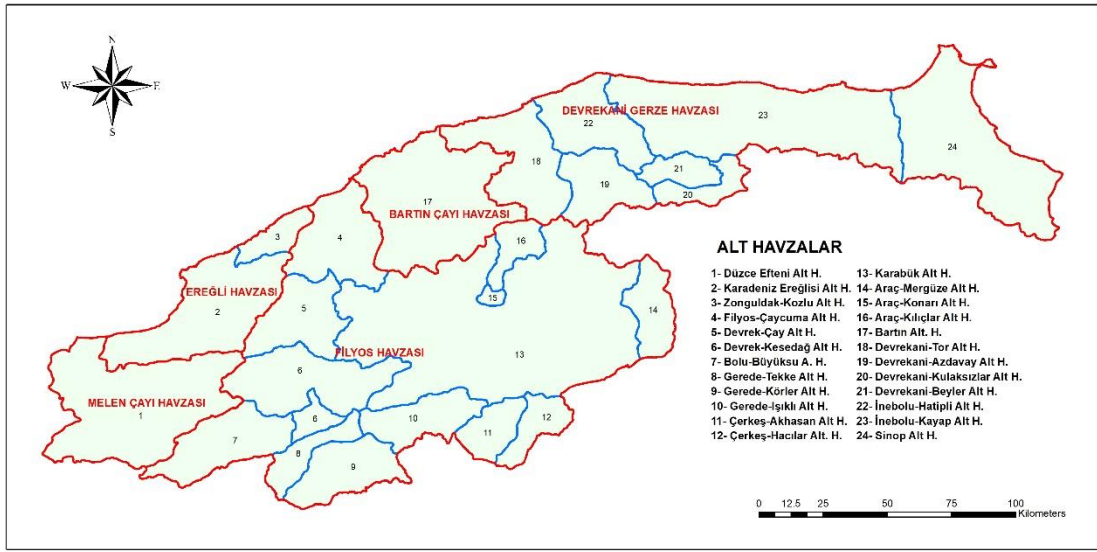
Havzada Ankara, Bartın, Bolu, Çankırı, Düzce, Karabük, Kastamonu, Sakarya, Samsun, Sinop ve Zonguldak illerinin tamamı ya da bir bölümü yer almaktadır.

Batı Karadeniz Havzası, doğudan itibaren Çangal Dağı, Zindan Dağı, Küre Dağları, Ilgaz Dağları, Benlidağ, Bolu Dağları, Karadağ, Işık Dağı ve Elmacık Dağı doruklarından geçen su ayırım çizgisi ile kuzey bölümünde bulunan Karadeniz ile çevrilidir.

3.1.3.1 Alt havzalar

Türkiye yüzölçümünün %3,7'sini oluşturan Batı Karadeniz havzası; beş ana havza bölümüne ve onlarında içerisinde yer alan birçok alt havzaya ayrılmıştır. Havza

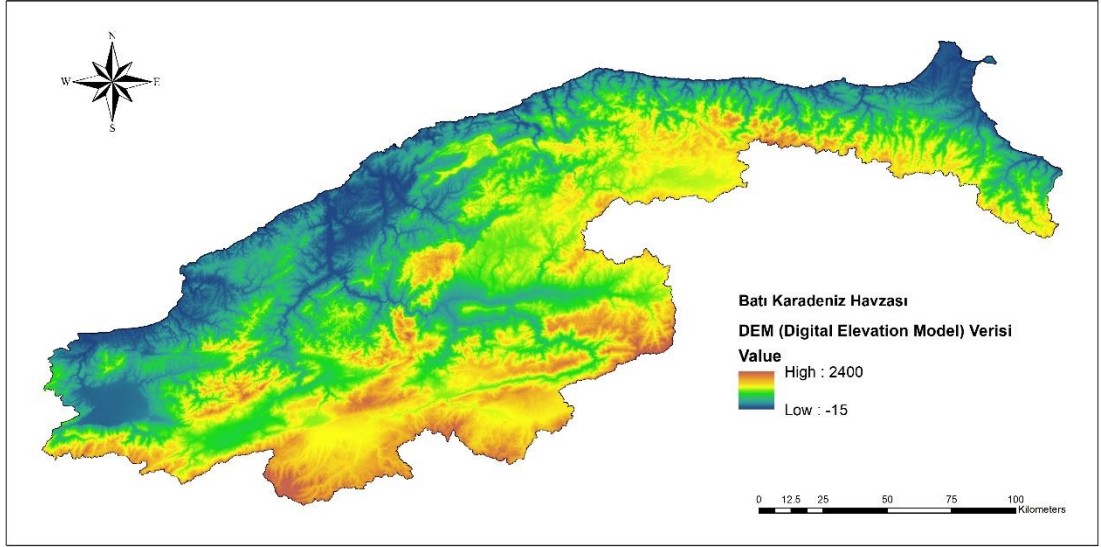
içerisinde Melen Çayı, Bartın Çayı, Filyos Çayı, Devrekani Çayı gibi alt havzalara adlarını veren çaylar ile Karadeniz boyunca uzanan sıradağların eteklerinden gelen ve vadiler boyunca devam ederek direkt Karadeniz’e dökülen Alaplı Çayı, Güllüç Çayı, Aydos Çayı, Zerbana Çayı, Güble Çayı, Ezine Çayı, Sarımsaklı Çayı, Helaldi Çayı, İnebolu Çayı, Akçay, Ayancık Çayı, Güzelçay (Kanlıçay) vb. birçok çay bulunmaktadır. Ayrıca havza içerisinde birbirleriyle birleşerek büyük çay ve ırmakları oluşturan birçok yan dere ve çay bulunmaktadır.



Şekil 3.4 Batı Karadeniz Havzası genel havza bölümleri

3.1.3.2 Yer şekilleri

Havzada kıyıya paralel olan Kuzey Anadolu Dağları sebebiyle deniz kıyısından iç kesimlere doğru gidildikçe rakım hızlı bir şekilde artmaktadır. Rakımın hızlı bir şekilde artması denizellik etkisinin iç kesimlere tesir etmesini engellemekle birlikte yamaç yağışlarının oluşmasına neden olmaktadır. Ortalama yükselti Düzce, Zonguldak, Bartın illerinde görece daha düşük olsa da Amasra’dan Sinop’a kadar olan kesimde ani artışlar görülmektedir. Sinop merkezinden güneye doğru olan kısımda da aynı etkiyi görmek mümkündür. Üst kısımlarda tarıma daha elverişli platolar ve ovalar yer almaktadır. Şekil 3.5’de havzanın yükselti haritası yer almaktadır.



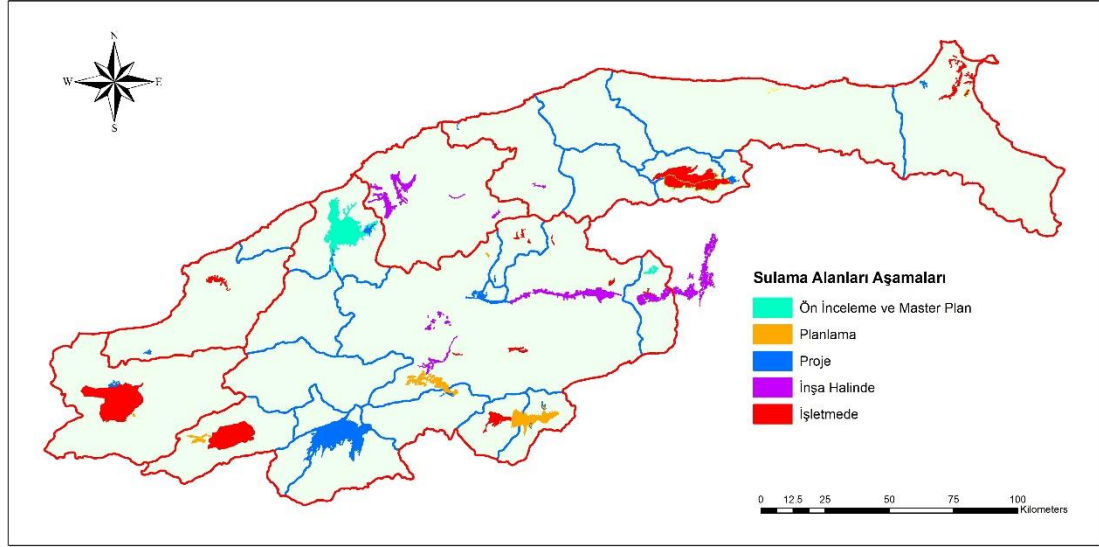
Şekil 3.5 Batı Karadeniz Havzası DEM (Digital Elevation Model) verisi

Batı Karadeniz Havzası'nda arazi yapısının kuzey kesimlerde engebeli olmasından kaynaklı olarak tarım arazileri geniş düzlüklerin yer aldığı iç kesimlerde daha fazla yer kaplamaktadır. Havzada dağların kıyıya bakan yüzeylerinde kalan tarım arazilerinde sulama sistemleri kurulmasına olan gereksinim azdır. Sulama ihtiyacı daha fazla suyun daha kıt olduğu iç kesimlerde hissedilmektedir (Havza Koruma Eylem Planları, 2014).

Batı Karadeniz Havzası'nda yer alan arazilerin kullanım alanları Su Yönetimi Genel Müdürlüğünün 2013 yılında bildirdiği üzere; Yapay Alanlar 37.009 ha (%1,28), Tarımsal Alanlar 607.414 ha (%20,97), Orman ve Yarı Doğal Alanlar 2.240.422 ha (%77,34), Sulak Alanlar 777 ha (%0,03) ve Su Yüzeyleri 11.144 ha (0,38) olarak ayrılmıştır (SYGM, 2013).

3.1.3.3 Sulama alanları

Havzada toplam 744.215 ha tarım arazisi olmakla birlikte tarım arazilerinin illere göre dağılımı şu şekildedir; Düzce 74.723 ha, Bolu 112.773 ha, Zonguldak 48.645 ha, Bartın 38.764 ha, Karabük 37.635 ha, Kastamonu 147.290 ha, Çankırı 207.646 ha ve Sinop 76.739 ha. (TÜİK, 2020).



Şekil 3.6 Alt havzalara göre sulama alanları dağılımı

Batı Karadeniz Havzası'nda yer alan DSİ tarafından işletilen sulama alanları yukarıdaki Şekil 3.6'da görüldüğü üzere havza geneline yayılmıştır. Sulama alanları rakımın hızlı bir değişiklik gösterdiği Bartın-Sinop kıyı hattında sadece lokal olarak bulunmakla birlikte, geniş düzlüklerin yer aldığı Bartın Havzası ile yüksek düzlük ve platolarda yoğunlaşmaktadır.

Batı Karadeniz Havza'sında DSİ tarafından işletilen sulama alanlarının aşamasal miktarları Tablo 3.2'de gösterilmektedir ve görüldüğü üzere %43'lük kısım hali hazırda işletme safhasındadır. İnşa halinde olan alanlarında eklenmesiyle mevcut olarak tespit edilen alanların %60'ı sulanabilir hale gelecektir. Ön inceleme ve master plan, planlama ve proje safhalarında yer alan sulama alanları da düşünüldüğünde havzada sulamalı tarım henüz istenilen seviyede değildir. Tarımsal ekonomi açısından havzanın potansiyel vadettiği söylenebilir.

Tablo 3.2 Sulama aşamasal oranları

Aşama	Net Sulama Alanı (ha)	Kümülatif Miktar (ha)
Ön İnceleme ve Master Plan	7795	7795
Planlama	8074	15869
Proje	19037	34906
İnşa Halinde	14997	49903
İşletmede	36642	86545

Havzada yer alan sulama alanlarının büyük kısmı Tablo 3.3’de görüldüğü üzere Bolu ve Kastamonu il sınırları içerisinde yer almaktadır. Geniş düzlüklerde yer alan tarım alanlarında sulama ile birlikte büyük bir ekonomik fırsatlar doğmaktadır.

Tablo 3.3 İllere göre sulama alanları

İl	Net Sulama Alanı (ha)	Kümülatif Miktar (ha)
Bartın	5029	5029
Bolu	25599	30628
Çankırı	4672	35300
Düzce	11610	46910
Karabük	8201	55111
Kastamonu	19502	74613
Sinop	2949	77562
Zonguldak	8983	86545

Sulama yöntemlerine göre, ön inceleme master plan aşamasından işletme safhasındaki tüm sulamalar dikkate alındığında havzadaki sulamaların sadece %35 lik kısmının salma sulama yöntemi ile yapıldığı Tablo 3.4’te görülmektedir.

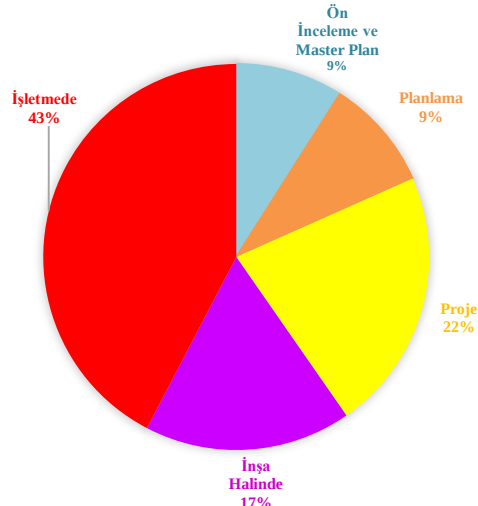
Tablo 3.4 Sulama yöntemlerine göre dağılım

Yöntem	Net Sulama Alanı (ha)	Kümülatif Miktar (ha)
Damla	629	629
Damla + Yağmurlama	51021	51650
Salma (California)	25978	77628
Salma + Damla	1404	79032
Salma + Yağmurlama	2503	81535
Yağmurlama	4615	86150
Diğer	395	86545

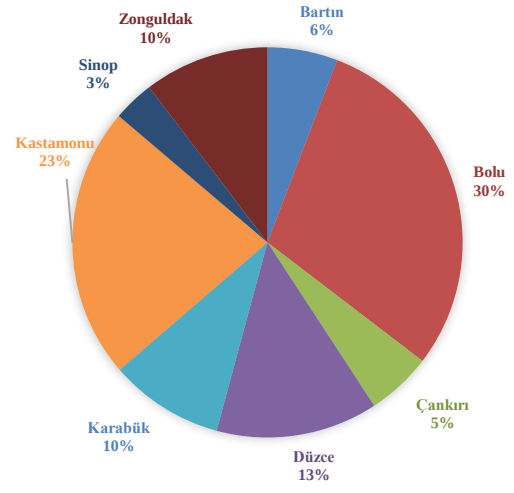
Ancak ön inceleme ve master plan, planlama, proje ve inşa aşamalarında olan sulama işlerinden ziyade sahadaki aktif durum göz önüne alındığında mevcuttaki sulama yönteminin %78 gibi ağırlıklı bir oran ile salma sulama yöntemi olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.5 İşletmedeki sulamaların yöntem dağılımı

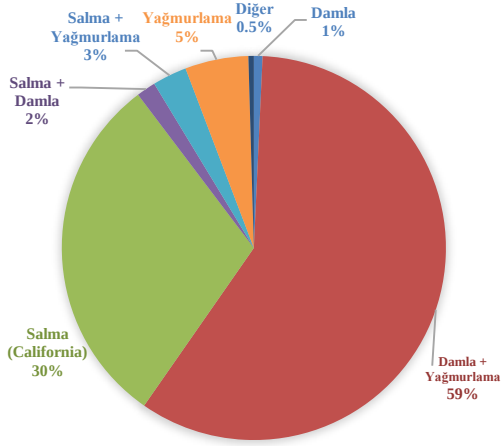
Yöntem	Net Sulama Alanı (ha)	Kümülatif Miktar (ha)
Salma (California)	25978	25978
Salma + Yağmurlama	2503	28481
Damla	464	28945
Damla + Yağmurlama	3082	32027
Yağmurlama	4615	36642



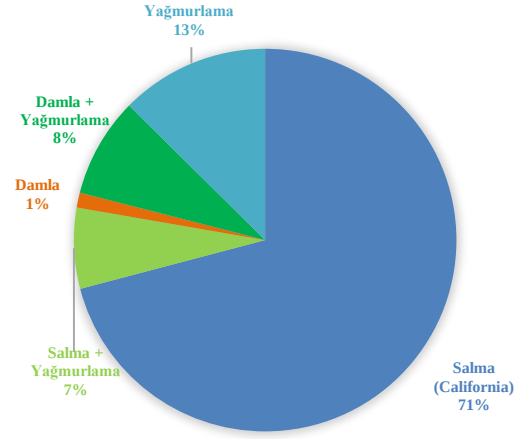
a) Sulama aşamasal oranları



b) İllere göre sulama alan dağılımı



c) Sulama yöntemlerine göre dağılım



d) İşletmedeki sulamaların yöntem dağılımı

Şekil 3.7 Sulama alanlarına ait özellikler

3.2 Yöntem

3.2.1 Regresyon Denklemleri İle Verileri Tamamlama

Regresyon analizi, debi süreklilik eğrileri ile bir havzada yapılan hidrolojik çalışmalarda sıklıkla kullanılan yöntemlerden biridir. Regresyon analizi, bağımlı bir y sonuç değişkeni ile bu değerden bağımsız bir ya da birden fazla x değeri arasındaki ilişkiyi tanımlama ve bu ilişkinin derecesinin hesaplanmasında kullanılır. Regresyon analizi değişkenin sayısına göre basit doğrusal regresyon ve çoklu doğrusal regresyon olarak temelde ikiye ayrılır. Tez çalışmasında iki komşu istasyon grupları üzerinden yürütülerek basit doğrusal regresyon yöntemini kullanılmıştır.

Basit doğrusal regresyon yönteminde iki adet istasyona ait aynı zaman aralığına ait veriler karşılaştırılır. İki taraftan birinde ya da her ikisinde eksik olan veriler daha sonra tamamlanmak üzere regresyon katsayısı hesabından muaf tutulur. Kalan veriler ile hesaplanan korelasyon katsayısına göre istasyonların uyumlulukları tespit edilir. Korelasyon hesabı sonucu tespit edilen katsayının 1 e yakın olması istasyonların birbirleri ile hidrolik ilişkilerinin kuvvetli olduğunun göstergesidir. Korelasyon katsayısının hesabı formül (3.1) ile yapılmaktadır.

$$r_x = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (3.1)$$

r_x = Korelasyon katsayısı

x_i ve y_i = Akım gözlem istasyonlarına ait aynı dönemde ölçülen akım verileri

$\bar{x}$ ve $\bar{y}$ = Akım gözlem istasyonlarına ait akım verilerinin ortalama değerleri

Tamamlanmak istenen istasyon için en uygun olan komşu istasyonun verileri ile eksik verilerin tamamlanması amacıyla matematiksel doğru denklemi oluşturulur. Oluşturulan bu doğru denklemi ile baz alınan istasyondaki veriler kullanılarak tamamlanmak istenen ayların eksik verilerinin hesabı yapılır.

3.2.2 Homojenlik Testleri

İklim bilimi çalışmalarında verilerin homojenliğinin sorgulanması önemlidir. Homojen veri, kayıtların sadece iklim koşullarından etkilendiğinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Verileri homojen olarak değerlendirebilmek için istatistiki parametrelerinin ani ve ekstrem değişimler göstermemesi gerekmektedir (Peterson vd. 1998). Kömüşçü (2010) uzun süreli, homojen ve sürekli yağış serilerinin iklimsel ve hidrolojik çalışmalarda esas olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte, yağış verilerinin iklimsel olmayan çeşitli faktörler nedeniyle homojen olmama sorunu yaşayabileceğini belirtmiştir. Conrad vd. (1950), homojen serilerde oluşan değişimlerin iklimsel ve atmosferik etkilerin sonucu olduğunu vurgulamıştır. Literatürde hem iklim serileri hem de iklimsel olmayan zaman serileri için çeşitli homojenleştirme yöntemleri önerilmiştir (Box vd. 1978).

Winjgaard vd. (2003), iklimsel serilerdeki homojenliği değerlendirmenin en etkili yolu olarak bir takım istatistiksel yöntemler ve metaveri bilgileri önermişlerdir. Ayrıca zaman serilerine uygulanacak olan homojenlik testlerinin sadece analizi yapılan istasyon verilerinin kullanıldığı “mutlak yöntem” ve analiz yapılırken ilişkili olunan istasyon verilerinin de kullanıldığı “göreceli yöntem” olarak iki gruba ele alınabileceğini bildirmişlerdir.

Mutlak yöntemde iki aşamalı bir ilerleyiş vardır.

- 1- Öncelikle tüm istasyonlara ait verilerin Von Neumann Oran Testi –VNRT (Von Neumann, 1941), Pettitt’s Test (Pettitt, 1979), Buishand’s Test (Buishand, 1982) ve Standard Normal Homogeneity Test - SNHT (Alexandersson, 1986) testleri ile homojenliklerinin kontrol edilmesi gerekmektedir.
- 2- Yukarıda belirtilen dört yöntemin sonuçlarına göre istasyonlar “Homojen”, Şüpheli ve “Aşırı Şüpheli” olarak 3 farklı gruba kategorize edilir.

a) Sınıf A: Homojen

Bu sınıftaki veriler homojen ve gelecekteki analizlerde kullanılabilir olarak kabul edilir. Veri serilerine ait sonuçların belirlenen anlamlılık düzeyine göre dört test yönteminde de homojen olduğu veya en fazla bir test yöntemine göre uygunsuz çıktığı istasyonlar bu sınıfta yer alır.

b) Sınıf B: Şüpheli

Yapılan dört homojenlik testinden ikisinin sonuçlarının belirlenen anlamlılık düzeyine göre homojen olmadığı durumda istasyonlar bu sınıfa dâhil edilir. Bu sınıftaki verilerin homojen olmadığına dair sinyaller vardır ve eleştirel olarak daha ileri analizlere tabi tutulmaları gerekmektedir.

c) Sınıf C: Güvenilmez

Veri analiz sonuçlarına göre homojenlik testlerinden en az üçü veya dördünde belirlenen anlamlılık düzeyine göre homojen olmadığı tespit edilen istasyonlar bu sınıfa dâhil edilirler. Bu sınıfta yer alan istasyonlar daha ileri analizlere tutulmadan çalışma kapsamından çıkarılabilir.

3.2.2.1 Von neumann oran testi (VNRT)

Von Neumann oran testi (1941) son derece güçlü bir yöntem olmakla birlikte değişimin yaşandığı tarihi belirleyememektedir. Von Neumann test istatistiği N_{VN} formül (3.2) ile hesaplanmaktadır.

$$N_{NV} = \sum_{i=1}^{n-1} (Y_i - Y_{i-1})^2 / \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)^2 \quad (3.2)$$

Von Neumann test sonuçları için %1 ve %5 anlamlılık düzeylerine göre homojen kabul edilme sınırları Tablo 3.6'da verilmektedir.

Tablo 3.6 Veri sayısına göre %95 ve %99 güven aralıkları için N_{VN} kritik değerleri

AD \ n	20	30	40	50	70	100
%95	1,30	1,42	1,49	1,54	1,61	1,67
%99	1,04	1,20	1,29	1,36	1,45	1,54

3.2.2.2 Pettitt testi

Pettitt (1979) aylık veya yıllık serilerde oluşan kırılmaların oluşum noktalarını tespit edebilen parametrik olmayan bir yöntem geliştirmiştir. Sıfır hipotezi serini özdeş ve rassal olarak dağılım gösterdiğini ve bağımsız olduğunu, alternatif hipotez ise ortalama değerlerden kaymaların ve ani değişimlerin olduğunu göstermektedir. Pettitt testine ait işlem basamakları aşağıda anlatılmaktadır.

1- Y_i analiz edilecek seride her bir yıla ait gözlem değerlerini ifade eder. Öncelikle Y_i ($Y_1, Y_2, \dots, Y_n$) değerleri $r_1, r_2, \dots, r_n$ olarak sıralanır.

2- Pettitt testi test istatistiği X_k formül (3.3) ile hesaplanır.

$$X_k = 2 \sum_{i=1}^k r_i - k(n+1) \quad k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3.3)$$

3- Hesaplanan X_k değerleri grafik haline getirilir. Seride değişim olduğu yılın E olduğu kabul edilirse grafikte mutlak olarak en büyük değerin bu yıl verisinde görülmesi gerekmektedir.

$$X_E = \max_{1 \leq k \leq n} |X_k| \quad (3.4)$$

Homojenlik testi istatistiği X_k belirlenen anlamlılık düzeyine karşılık gelen değerden daha küçükse seri homojen olarak kabul edilir.

Tablo 3.7 Veri sayısına göre %95 ve %99 güven aralıkları için X_k kritik değerleri

n	20	30	40	50	70	100
%95	57	107	167	235	393	677
%99	71	133	208	293	488	841

3.2.2.3 Buishand testi

Bu test, ortalamadan kümülatif sapmayı inceleyerek ortalamadaki bir değişikliği tespit etmek için kullanılır. Hesap yöntemi düzenlenmiş kısmi toplamlar veya ortalamadan kümülatif sapmaya dayanmaktadır. Buishand (1982) sıfır hipotezinin verilerin

homojen ve normal dağıldığı durumu, alternatif hipotezin ise ortalamada bir değişimin olduğu durumu temsil ettiğini belirtmiştir. Buishand testine ait işlem basamakları aşağıda verilmektedir.

- 1- Öncelikle düzeltilmiş kısmi toplamlar hesaplanmalıdır. S_k^* değerinin 0 civarında olması durumu veri serisinin homojen olduğunu ifade etmektedir.

$$S_0^* = 0 \quad \text{ve} \quad S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) \quad k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3.5)$$

- 2- Buishand test istatistiği R aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır. Burada S_k^* kısmi toplamları, s standart sapmayı ifade etmektedir.

$$R = (\max_{0 \leq k \leq n} S_k^* - \min_{0 \leq k \leq n} S_k^*) / s \quad (3.6)$$

- 3- Buishand testi için hesaplanmış olan kritik değerler Tablo 3.8’de verilmektedir. $R/\sqrt{n}$ değeri tabloda belirlenen güven aralıklarına karşılık gelen değerlerden küçük ise seri homojen kabul edilir.

Tablo 3.8 Veri sayısına göre %95 ve %99 güven aralıkları için $R/\sqrt{n}$ kritik değerleri

AD \ n	20	30	40	50	70	100
%95	1,43	1,50	1,53	1,55	1,59	1,62
%99	1,60	1,70	1,74	1,78	1,81	1,86

3.2.2.4 Standart normal homojenlik testi (SNTH)

Standart Normal Homojenlik testi Alexandersson (1986) tarafından geliştirilmiştir ve birçok iklimsel ve hidrolojik çalışmada serilerin homojenliğinin tespitinde kullanılmıştır. SNHT yöntemine ait işlem basamakları aşağıda verilmektedir.

- 1- Seri ilk olarak belirlenen bir k noktasından ikiye bölünür. Test istatistiği T(k) formül 3.7 ile hesaplanır.

$$T(k) = k\bar{z}_1^2 + (n-k)\bar{z}_2^2 \quad k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3.7)$$

Bu formülde $\bar{z}_1$ ve $\bar{z}_2$ aşağıdaki eşitliklerle hesaplanır.

$$\bar{z}_1^2 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y})/s \text{ ve } \bar{z}_2^2 = \frac{1}{n-k} \sum_{i=k+1}^n (Y_i - \bar{Y})/s \quad (3.8)$$

- 2- Veri setinde belirlenmiş olan k yılında bir değişim varsa test istatistiği $T(k)$ maksimum değere ulaşır. Hesaplanan değerlere göre belirlenen istatistik değeri T_0 çalışma kapsamında belirlenen anlamlılık düzeyine denk gelen değeri aşarsa serinin homojen olmadığı tespit edilmiş olur.

$$T_0 = \max_{1 \leq k \leq n} T(k) \quad (3.9)$$

Aşağıda %95 ve %99 anlamlılık düzeylerine göre belirlenmiş olan kritik değer sınırları gösterilmektedir.

Tablo 3.9 Veri sayısına göre %95 ve %99 güven aralıkları için T_0 kritik değerleri

AD \ n	20	30	40	50	70	100
%95	6,95	7,65	8,10	8,45	8,80	9,15
%99	9,11	10,15	10,77	11,19	11,73	12,22

3.2.3 Trend Analiz Yöntemleri

3.2.3.1 Spearman'ın rho testi

İki gözlem serisi arasında korelasyon olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılan bu yöntem lineer trend varlığının araştırılmasında hızlı ve basit bir testtir. Sıra istatistiği olan R_{xi} verilerin küçükten büyüğe veya büyükten küçüğe doğru sıralanması ile belirlenir. Gözlem serisi $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ vektörü olmak üzere; iki yönlü test ile tanımlanan H_0 hipotezine göre x_i ($i=1, 2, 3, \dots, n$) değerleri eş olasılıklı dağılımlardır, H_1 hipotezine göre ise x_i ($i=1, 2, 3, \dots, n$) değerleri zamanla artar veya azalır. Spearman'ın Rho testi değeri (r_s), (3.10) formülü ile hesaplanır (Hirsch vd. 1982).

$$r_s = 1 - 6 \frac{[\sum_{i=1}^n (R(x_i) - i)^2]}{(n^3 - n)} \quad (3.10)$$

Bu yöntemde zaman serisi ile veri serisi kendi içerisinde sıralanarak numaralandırılır. İlgili yıla ait sıra numarası ve veriye ait sıra numarası üzerinden işlem yapılmaktadır. Örneklem sayısı 30 un üzerine çıktığında r_s dağılımı normale yaklaşmaktadır. Bu sebeple standart normal dağılım tabloları kullanılır. Test istatistiğini hesaplamak için r_s değerini içeren aşağıdaki formül (3.11) kullanılmaktadır.

$$Z = r_s \sqrt{n - 1} \quad (3.11)$$

Hesaplanan test istatistiğinin mutlak değeri $|Z|$, seçilen α anlamlılık seviyesine göre belirlenen ve standart normal dağılım tablosundan tespit edilen $Z_{\alpha/2}$ değerinden büyük ise ($|Z| > Z_{\alpha/2}$) gözlem değerlerinin zamanla değişmediği üzerine kurulan H_0 hipotezi reddedilir ve belirli bir trend olduğu sonucuna varılır.

3.2.3.2 Mann-Kendall testi

Genel olarak Kendall'ın τ istatistiği olarak bilinen bu test hidroloji ve iklim bilimindeki trendlere karşı rastgeleliklerin test edilmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Mann-Kendall testi uç olayların etkilemesine karşı dirençli ve asimetrik değişkenlere karşı kullanımı uygun olan merteye temelli bir yöntemdir. Teste göre H_0 sıfır hipotezi mevsimsellikten arındırılmış n sayıda ($x_1, \dots, x_n$) bağımsız ve özdeş rastgele dağılmış değişkenleri ifade etmektedir. İki taraflı testin alternatif H_1 hipotezi ise $k, j \leq n$ ve $k \neq j$ koşullarını sağlayan tüm x_k ve x_j dağılımlarını ifade eder (Hirsch vd. 1984). Test istatistiği S aşağıda verilen (3.12) ve (3.13) formülleriyle hesaplanmaktadır.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (3.12)$$

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1 & \text{eğer} & (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{eğer} & (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{eğer} & (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (3.13)$$

Standart sapmanın hesaplanması için verilen (3.14) formülü tüm değerlerin birbirinden farklı olduğu kabulü ile kullanılmaktadır. Gözlem sayısı n sayısının 10 un üzerinde çıkması test istatistiğinin standart normal dağılımı izlemesini sağlar (Kendall, 1948). Eğer verilerimizde birbirine eşit, benzer değerler varsa varyans ve varyansa bağlı standart sapma aşağıdaki (3.15) formülü ile hesaplanır.

$$n \geq 10 \text{ için } \sigma_s = \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18} \quad (3.14)$$

$$\text{Var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_t t(t-1)(2t+5)}{18} \quad (3.15)$$

Varyansı belirlenen Mann Kendall testinde normal dağılımın kullanılabilmesi için standart normal sapma (Z) değerini belirlememiz gerekir.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{Eğer} & S > 0 \\ 0 & \text{Eğer} & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{Eğer} & S < 0 \end{cases} \quad (3.16)$$

Bilimsel çalışmamız için seçilen α anlamlılık seviyesine karşılık gelen değer standart normal dağılım tablosundan tespit edilir. Bu değer hesaplamalardan elde edilen Z değerinin mutlak değerinden küçük ise ($|Z| \leq Z_{\alpha/2}$) H_0 hipotezi kabul edilir, aksi halde reddedilir. Olası bir trendin yönünü hesaplanan S değerine bakarak tespit ederiz. S değerimiz pozitif ise artan yönde, negatif ise azalan yönde bir trendin varlığı söz konusudur (Douglas vd. 2000). Bu metot eksik verilerin varlığına müsaade ettiği ve verilerin belirli bir dağılıma uyma zorunluluğunu aramadığı için kullanışlıdır (Yu vd. 1993).

3.2.3.3 Sen'in trend eğim metodu

Eğer zaman serisinde lineer bir trend mevcut ise gerçek eğim (birim zamandaki değişim) parametrik olmayan bir metot kullanılarak belirlenebilir. Bu metot veri hatalarından veya ekstrem değerlerden etkilenmeyen ve eksik değerlerin bulunduğu kayıtlara uygulanabilmektedir (Yu vd. 1993). j ve k zamanlarındaki veriler x_j ve x_k olmak üzere ($j > k$ şartı ile); $N = n(n-1)/2$ (n zaman periyotlarının sayısı) adet Q_i ($i=1, 2, \dots, N$) değeri aşağıdaki ifadeye göre hesaplanır.

$$Q_i = \frac{(x_j - x_k)}{(j - k)} \quad (3.17)$$

Hesaplanan Q_i değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır. Bu N adet Q_i değerlerinin medyanı Sen'in Eğim Estimatörü yani söz konusu lineer trend eğim parametresini tahmin etmek için ilgili bir istatistiktir. N adet Q_i değerinin medyanı alınarak ilgili gözlemin birim zamandaki değişimi N sayısının tek olması durumunda (3.18), çift olması durumunda ise (3.19) eşitlikleri ile belirlenir (Sen, 1968).

$$Q = Q_{(N+1)/2} \quad (3.18)$$

$$Q = \left\{ \frac{1}{2} [Q_{N/2} + Q_{(N+2)/2}] \right\} \quad (3.19)$$

3.2.3.4 Mann-Kendall mertebe korelasyon testi

Bütün korelasyon yöntemlerinde olduğu gibi Mann-Kendall Mertebe Korelasyonu da iki değişken arasındaki ilişkiyi bulmak için yapılan dağılımdan bağımsız bir yöntemdir. Test istatistiğinin ($u(t)$) pozitif değerleri zamanla bir artış eğiliminin olduğunu, negatif değerler ($u(t) < 0$) zamanla bir azalma eğiliminin olduğunu gösterir. $u(t)$ nin anlamlılık seviyesine karşılık gelen kritik değerlere ulaşması trendin güvenilirlik düzeyinin anlamlı olduğunu gösterir. Grafiksel olarak, $u(t)$ ve geriye doğru test istatistiği olarak hesaplanan $u'(t)$, değişimin başladığı yerde birbirine yaklaşır ve sonra birbirlerinden uzaklaşarak trendin başladığı yer ile önemliliklerini gösterirler. Eğer seri içerisinde herhangi bir trend yok ise $u(t)$ ve $u'(t)$ birbirlerine

birçok defa yaklaşarak yakın salınım yaparlar. Bu testte veriler baştan sona doğru numaralandırılarak (i) gerçek veri yerine verinin seri içerisindeki mertebesi (m_i) kullanılır. Her bir “ m_i ”, önceki mertebelerden küçük olanlar sayılarak “ n_i ” gibi bir sayı ile tanımlanır. “ n_i ”lerin toplamı ile test istatistiği olan “ t ”;

$$t = \sum_{i=1}^i n_i \quad (3.20)$$

eşitliği ile bulunur. Bunun ortalaması;

$$E(t) = \frac{n(n-1)}{4} \quad (3.21)$$

varyansı;

$$\text{Var}(t) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72} \quad (3.22)$$

eşitlikleri ile hesaplanır.

Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Test istatistiği $u(t)$ ise;

$$u(t) = [t - E(t)] / \sqrt{\text{Var}(t)} \quad (3.23)$$

olarak bulunur.

Geriye doğru Mann-Kendall Test istatistiği $u'(t)$ de benzer şekilde hesaplanır. Bu kez veriler sondan başa doğru (i') numaralandırılır. Gerçek veri yerine verinin seri içerisindeki mertebesi olan her bir “ m_i ” için, sondan başa doğru kendinden önceki (gerçek anlamda kendinden sonraki yıllarda) kendinden küçük mertebe sayısı “ n_i' ” ler hesaplanır. “ n_i' ” lerin toplamı ile test istatistiği olan “ t' ” bulunur.

$$n_i + n'_i = m_i - 1 \quad (3.24)$$

$$i' = (n + 1) - i \quad (3.25)$$

$$t' = \sum_{i=1}^n n'_i \quad (3.26)$$

Bu şekilde eşitlik (3.26) ile hesaplanan geriye doğru Mann-Kendall Test istatistiğinde $u'(t) = -u(t')$ dir (Sneyers, 1990).

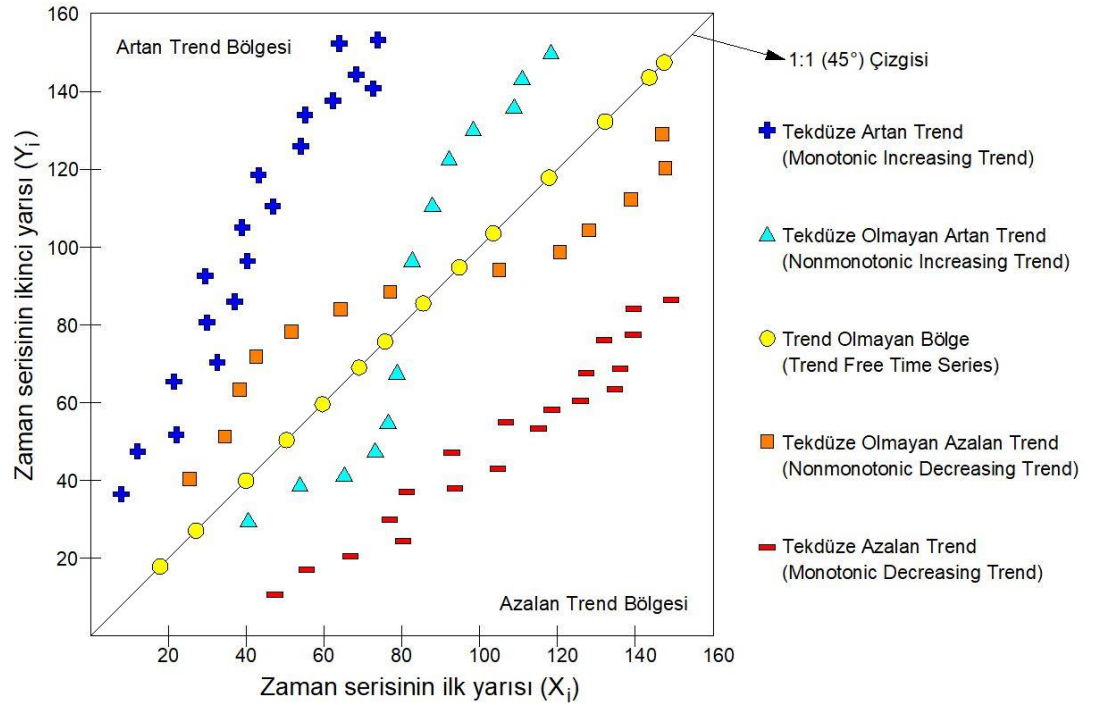
Yöntem temel olarak birbirine denk iki zaman serisinin birlikte oluşturdukları saçılım noktalarının Kartezyen Koordinat sistemindeki 1:1 (45°) çizgisine göre yorumlanması temeline dayanmaktadır. Zaman serilerinin normal dağılıma sahip olup olmaması, kısa örneklem uzunluğuna sahip olması veya seri korelasyon içermesi ayrımı gözetilmez. Nihai sonuç veri değerlerinin 1:1 doğrusuna göre artan veya azalan bölgede olması durumuna göre belirlenir. Kartezyen Koordinat sisteminde 1:1 (45°) eğrisinin altında kalan alan azalan trend bölgesini ve üzerinde kalan alan artan trend bölgesini ifade eder.

3.2.3.5 Şen'in yenilikçi trend testi

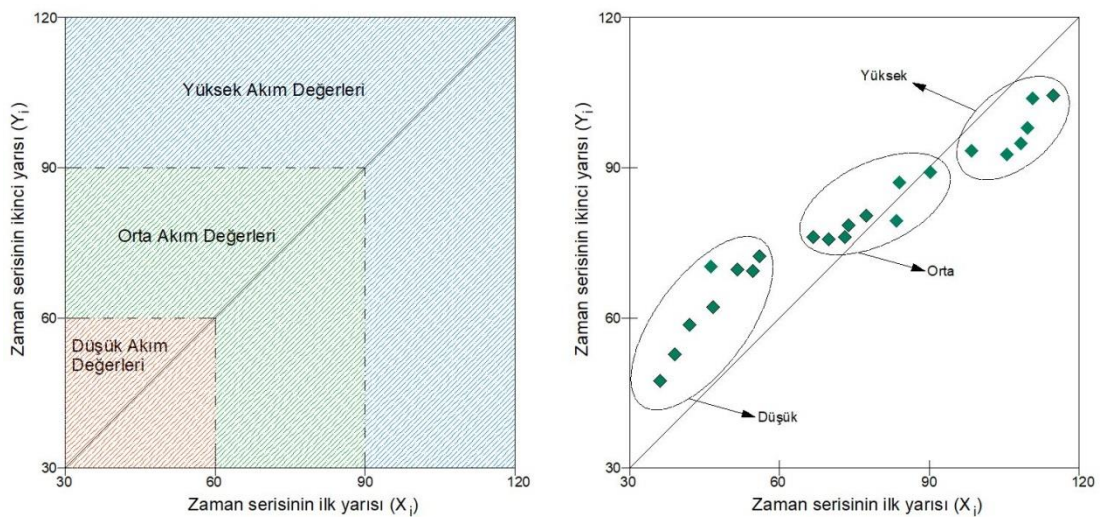
Yöntem aşağıda belirtilen işlem sırasına göre uygulanır,

1. Yöntemde, ölçümü alınan hidrolojik değişkenin veri serisi, zamansal olarak ölçüm başlangıç tarihinden son ölçüm tarihine doğru sıralanır.
 2. Oluşan seri ilk tarihten itibaren iki eşit parçaya bölünür.
 3. Veri seti parçaları ayrı ayrı kendi içinde küçükten büyüğe doğru sıralanır.
 4. Daha sonra, Kartezyen koordinat sistemine göre, oluşan iki veri sütununun ilki X-eksenine, diğeri ise Y-eksenine yerleştirilir.
 5. İki boyutlu grafik üzerinde oluşan veri noktaları 1:1 (45°) çizgisinin üzerine toplanmış veya çok yakın bir seyir izliyorsa bir trend yoktur.
 6. Saçılım eğrisi 1:1 çizgisinin altında ise azalan bir trend vardır.
 7. Saçılım eğrisi 1:1 çizgisinin üzerinde ise artan bir trend vardır.
- şeklinde yorumlanmaktadır.

Saçılım eğrisi tamamen artan veya azalan bölgede kalmaya bilir ve 1:1 eğrisine göre geçişler gözlemlenebilir. Eğer tüm noktalar azalan veya artan bölgede kalıyorsa tekdüze trend (monotonic trend) gözlemlenmektedir. Ancak saçılım eğrisinde artan ve azalan trend bölgeleri arasında geçiş görülmesi tekdüze olmayan trend (nonmonotonic trend) varlığına tekabül etmektedir.



Şekil 3.8 Verilerin Şen'in yenilikçi trend analizi ile değerlendirilmesi (Şen, 2012)



Şekil 3.9 Şen'in yenilikçi trend analizi yöntemi ile verilerin sınıflandırılması (Şen,2012)

Ayrıca Şen Yöntemi'nde sınırları verilerin durumuna göre değerlendirilmek üzere akımlar düşük, orta ve yüksek olarak da sınıflandırılmaktadır. Saçılma şemasının bu şekilde üç kümeye ayrılması detaylı yorumlar yapmamıza olanak tanır. Yukarıda görüldüğü üzere düşük akımlar üst artan üçgen bölgesinde yer almaktadır. Bu bize düşük akımlarda zaman serisinin ikinci yarısında ilk yarısına göre bir artış olduğunu göstermektedir. Orta kümede trendin olmadığı söylenebilir. Yüksek küme ise bir azalışın olduğunu göstermektedir. Tüm bu açıklamalar yıllık akım serilerinde çeşitli akım trend örneklerinin mevcut olduğunu göstermektedir. Akım sınıflandırmaları baz alınarak su stresinin yaşanması, kuraklık ve taşkın ile ilgili konularda yorumlar yapılabilmektedir (Şen, 2012).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1 Eksik Veri Tamamlama Çalışmaları

Çalışma kapsamında seçilen AGİ lerde yer alan eksik verilerin tamamlanması için Corelation Master Excel programının içerisinde yer alan Doğrusal, Üstel, Logaritmik, Üs, 2. Derece Polinom ve 3.Derece Polinom grafiklerine göre elde edilen en yüksek korelasyon katsayısını veren eğim çizgisinin denklemi seçilmiş ve veriler tamamlanmıştır. İstasyonlardaki minimum akım verilerini tamamlama çalışmalarında D13A014, D13A015, D13A022, D13A032, D13A036, D13A037, D13A040, D13A045, D13A049, D13A052, E13A002, E13A007, E13A014, E13A019, E13A027, E13A031, E13A032, E13A034, E13A035, E13A035, E13A036, E13A040, E13A043 numaralı akım gözlem istasyonlarında yer alan veriler başarıyla tamamlanmıştır. D13A050 istasyonunun senenin büyük bölümünde kuru dere olduğu görülmüş ve yeterli veri elde edilemediğinden çalışma kapsamından çıkarılmıştır. D13A021 istasyonuna ait eksik verilerin tamamlanması aşamasında korelasyon katsayısının düşük düzeyde kalmasından dolayı veri tamamlama güvenilir bulunmayarak istasyonlar çalışma kapsamından çıkarılmıştır. D13A039 istasyonu, baz istasyon verileri ile kayıt uyumsuzluğundan kaynaklı tamamlanamayan yıllar olması sebebiyle çalışma kapsamından çıkarılmıştır. Minimum akım verilerinde belirtilen istasyonlarla ilgili istenilen sonuçlar alınmamış olmasına rağmen gelecekte bu bölgede çalışma yapacak araştırmacılara belirtilen istasyonlarla ilgili ışık tutması bakımından haritadan kaldırılmamıştır.

4.2 Homojenlik Testlerinin Bulguları

Çalışma kapsamında Batı Karadeniz Havzası akım gözlem istasyonlarında ölçülen minimum akım verileri kullanılmakta ve ekstrem koşullar altında oluşan kuraklık durumları incelenmektedir. Homojenlik üzerine yapılan çalışmalar hakkındaki literatür incelendiğinde homojenlikle ilgili çalışmaların ortalama değerler üzerinden yapıldığı ve bir serinin standart sapma vb. istatistikî çalışmalarla sapmalardan arındırılmış kısmı ile ilgilenildiği görülecektir. Bu çalışma kapsamında kullanılan veriler havzanın risklerini yansıttığı için ortalama değerler üzerinden ilerleme

sağlanamayacaktır. Benzer şekilde taşkın olaylarının incelenmesinde kullanılacak olan maksimum akım verileri de bu kapsama dâhildir. Seller ani gelişen ve oluştuğunda aylar boyu düşebilecek yağışların çok kısa bir zaman aralığında gerçekleştiği ve su seviyesini hızlı bir şekilde yükselten doğal afetlerdir. Örneğin Kastamonu ili Bozkurt ilçesinde 2021 yılının ağustos ayında meydana gelen sel bölge halkı ve ülkemiz için derin acılara yol açan sonuçlar bırakmıştır. Bu sel hadisesinde normal şartlarda akıma geçmesi beklenen maksimum su seviyesinin yaklaşık 4 katına çıkılacak kadar yağış düşmüştür. Kısa bir zaman aralığında oluşan bu ve benzeri hadiselerle ait verilerin taşkın çalışmalarında kapsam dışına çıkarılması olumsuz değerlendirilmektedir. Homojenlik çalışmaları kapsamında bu verilerin arındırılması kuraklık ve taşkın çalışmalarının doğru sonuçlar vermesine engel teşkil edecektir. Taşkın çalışmalarında olduğu gibi kuraklıkla ilgili çalışmalarda da bu husus göz önünde bulundurulmalıdır.

Batı Karadeniz Havzası için seçilmiş istasyonlardan elde edilen minimum verilere aşağıda detayları verilen dört yöntem de uygulanmıştır. Eksik veri problemi olmayan tamamen ölçüm verileri ile analizlere tabi tutulan bazı istasyonlarda dahi homojenlikle ilgili dikkat çekici sonuçlar elde edilmiştir. Havza için başkaca çalışmalarda ortalama değerler üzerinden yapılan analizlerde homojenliği kanıtlanmış olan istasyonlarda homojen olmama durumları gözlemlenmiştir. Havzanın genel su kapasitesi ve su potansiyeli için yapılacak çalışmalarda homojenlikle ilgili çalışmaların tüm gereklilikleri ile yapılmasının yararlı olduğu ancak taşkın ve kuraklık durumları için istasyonların homojenlik durumlarının göz ardı edilmesi gerektiğine karar verilmiş olup mevcutta belirlenen istasyonlar üzerinden analizlere devam edilmiştir.

4.3 Trend Analiz Testleri Bulguları

4.3.1 Spearman’ın Rho Testi Bulguları

Havzada yer alan 23 adet AGİ için yapılan Spearman’ın Rho Testi sonuçlarına göre D13A014, D13A022, D13A040, D13A045, E13A014, E13A027 ve E13A036 numaralı istasyonlarda trend olmadığı kabulünün yapıldığı H_0 hipotezi reddedilerek ilgili istasyonlarda trend varlığı tespit edilmiştir.

Tablo 4.1 Spearman'ın rho testi analiz sonuçları

İstasyon Numarası	SR Test Değeri (rs)	SR Hesaplanan $\pm Z$ değeri	Z, Kritik Olasılık Değeri $\alpha=0.05$	Trend (Var veya Yok)	H ₀ Hipotezi
D13A014	-0,490	-2,94	$\pm 1,96$	Var	Red
D13A015	0,253	1,52	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
D13A022	0,218	1,31	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
D13A032	-0,495	-2,93	$\pm 1,96$	Var	Red
D13A036	0,277	1,64	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
D13A037	-0,281	-1,69	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
D13A040	0,418	2,47	$\pm 1,96$	Var	Red
D13A045	-0,459	-2,75	$\pm 1,96$	Var	Red
D13A046	-0,075	-0,45	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
D13A049	0,281	1,66	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
D13A052	-0,332	-1,94	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
E13A002	0,269	1,62	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
E13A007	0,232	1,38	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
E13A014	-0,350	-2,10	$\pm 1,96$	Var	Red
E13A019	-0,128	-0,77	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
E13A027	0,652	3,91	$\pm 1,96$	Var	Red
E13A031	-0,056	-0,33	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
E13A032	0,269	1,62	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
E13A034	0,048	0,29	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
E13A035	-0,255	-1,35	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
E13A036	-0,577	-3,42	$\pm 1,96$	Var	Red
E13A040	-0,020	-0,12	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
E13A043	0,166	0,99	$\pm 1,96$	Yok	Kabul

4.3.2 Mann-Kendall Testi Bulguları

Mann-Kendall Testi seçilen 23 adet AGİ'larına uygulanmış olup D13A014, D13A032, D13A040, D13A045, E13A002, E13A027, E13A032 ve E13A036 numaralı istasyonlarda trend olmadığı kabulünün yapıldığı H₀ hipotezi reddedilerek ilgili istasyonlarda trend varlığı tespit edilmiştir. D13A014, D13A032, D13A045, E13A014 ve E13A036 numaralı istasyonlarda azalan yönlü bir trendin varlığından söz edilebilir. D13A040, E13A002, E13A027 ve E13A032 numaralı istasyonlarda ise artan yönlü bir trend gözlemlenmektedir. Diğer analiz sonuçları ile birlikte değerlendirilerek nihai sonuca varılabilecektir.

Tablo 4.2 Mann-Kendall analizi test sonuçları

İstasyon Numarası	MK Test Değeri (S)	MK Test Korelasyon Katsayısı	MK Hesaplanan σ_s değeri	MK Hesaplanan $\pm Z$ değeri	Z, Kritik Olasılık Değerli $\alpha=0.05$	Trend (Var veya Yok)	H ₀ Hipotezi
D13A014	-244	-0,37	76,4591	-3,18	$\pm 1,96$	Var	Red
D13A015	112	0,17	76,4591	1,45	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
D13A022	32	0,05	76,4591	0,41	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
D13A032	-206	-0,33	73,4166	-2,79	$\pm 1,96$	Var	Red
D13A036	120	0,19	73,4166	1,62	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
D13A037	-128	-0,19	76,4591	-1,66	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
D13A040	188	0,30	73,4166	2,55	$\pm 1,96$	Var	Red
D13A045	-192	-0,29	76,4591	-2,50	$\pm 1,96$	Var	Red
D13A046	36	0,05	76,4591	0,46	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
D13A049	132	0,21	73,4166	1,78	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
D13A052	-125	-0,21	70,4154	-1,76	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
E13A002	192	0,29	76,4591	2,50	$\pm 1,96$	Var	Red
E13A007	102	0,16	73,4166	1,38	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
E13A014	-88	-0,13	76,4591	-1,14	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
E13A019	20	0,03	76,4591	0,25	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
E13A027	376	0,56	76,4591	4,90	$\pm 1,96$	Var	Red
E13A031	-40	-0,06	76,4166	-0,53	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
E13A032	176	0,26	76,4591	2,29	$\pm 1,96$	Var	Red
E13A034	74	0,11	76,4591	0,95	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
E13A035	-60	-0,09	76,4591	-0,77	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
E13A036	-262	-0,42	73,4166	-3,56	$\pm 1,96$	Var	Red
E13A040	80	0,12	76,4591	1,03	$\pm 1,96$	Yok	Kabul
E13A043	68	0,17	53,3104	1,26	$\pm 1,96$	Yok	Kabul

4.3.3 Sen'in Trend Eğim Metodu Bulguları

Sen'in Trend Eğim Metodu havza genelinde 23 adet AGİ'lerine uygulanmış olup sonuçlar aşağıda verilmektedir. D13A014, D13A032, D13A037, D13A045, D13A046, D13A052, E13A014, E13A019, E13A031, E13A035, E13A036 numaralı istasyonlarda azalan yönlü eğilime işaret eden sonuçlar çıkmıştır. D13A015, D13A022, D13A036, D13A040, D13A049, E13A002, E13A007, E13A027, E13A032, E13A034, E13A040, E13A043 numaralı istasyonlarda artan yönlü bir eğilim olduğu görülmektedir. Yapılan analizler sonucu oluşturulan tüm grafikler,

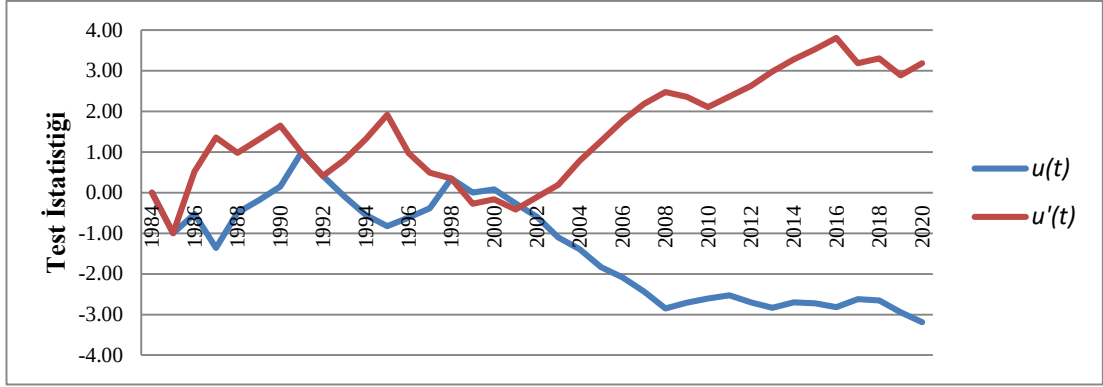
saçılım noktalarına ait eğim doğruları ve doğrulara ait formüllerin gösterildiği şekiller EK B’de yer almaktadır.

Tablo 4.3 Sen’in trend eğim metodu test sonuçları

Sen'in Trend Eğim Metodu	
İstasyon Numarası	Trend Eğimi
D13A014	-0,017655
D13A015	0,003749
D13A022	0,000218
D13A032	-0,004546
D13A036	0,000707
D13A037	-0,001044
D13A040	0,009048
D13A045	-0,002946
D13A046	-0,000050
D13A049	0,001393
D13A052	-0,021579
E13A002	0,030780
E13A007	0,004062
E13A014	-0,035045
E13A019	-0,000921
E13A027	0,006971
E13A031	-0,001516
E13A032	0,002163
E13A034	0,000019
E13A035	-0,073315
E13A036	-0,136225
E13A040	0,000000
E13A043	0,001407

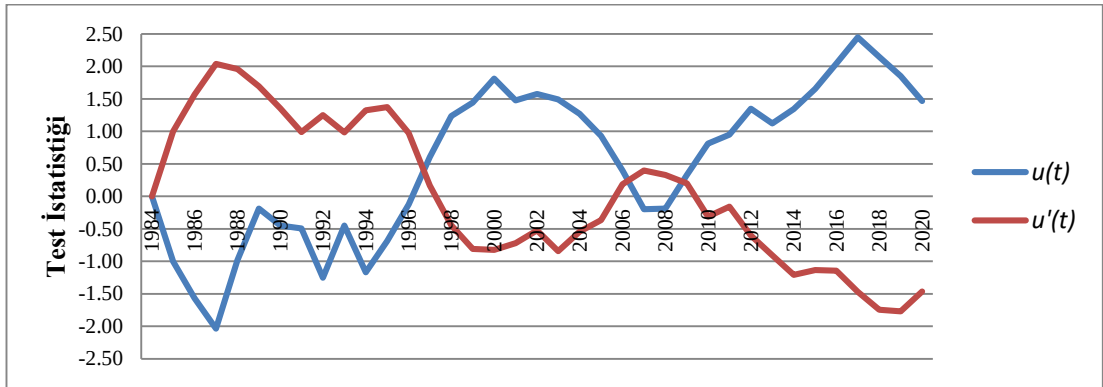
4.3.4 Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi Bulguları

Şekil 4.1’deki grafik incelendiğinde dalgalı bir seyir gözükmemektedir. D13A014 istasyonunda 2001 yılından önceki dönemde fonksiyonların birbirlerine çok kez yaklaşıp uzaklaştığı görülmektedir. Ancak 2001 yılından itibaren minimum akımlarda azalan yönlü bir trend görülmektedir. İlk başlarda hız bir değişime uğrayan bölgede daha sonralarda daha stabil bir durum olduğu söylenebilir.



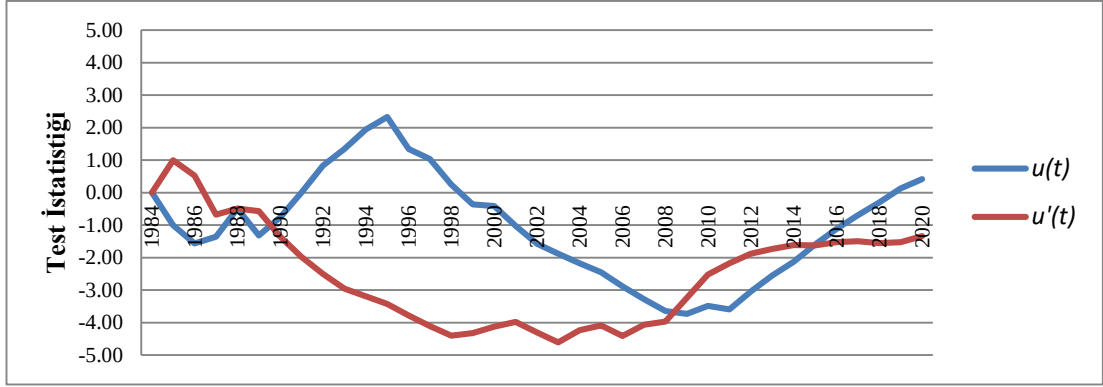
Şekil 4.1 D13A014 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği

Şekil 4.2'deki grafik incelendiğinde D13A015 istasyonu verilerinde $u(t)$ ve $u'(t)$ fonksiyonlarının birbirlerini birçok noktada kesmesi ve net bir eğilim göstermemesi belirli bir trendin olmadığını işaret etmektedir. Ancak bununla birlikte 2009 yılından itibaren artan yönlü bir trend eğilimi görülmektedir. İstasyonun diğer analiz yöntemleri ile birlikte değerlendirilmesi ve meteorolojik verilerle birlikte bölgede daha fazla çalışma yapılmasına gereksinim vardır.



Şekil 4.2 D13A015 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği

D13A022 numaralı istasyona Şekil 4.3'te yer alan grafikler incelendiğinde 1990 yılında başlayan yukarı yönlü trend 2008 yılında son bulmuş olup o tarihten itibaren belirli bir trend gözlemlenmemektedir. İlerleyen yıllarda tutulacak akım gözlem istasyonu verileri ile istasyonun bulunduğu bölgenin tekrar değerlendirilmesinde yarar görülmektedir.



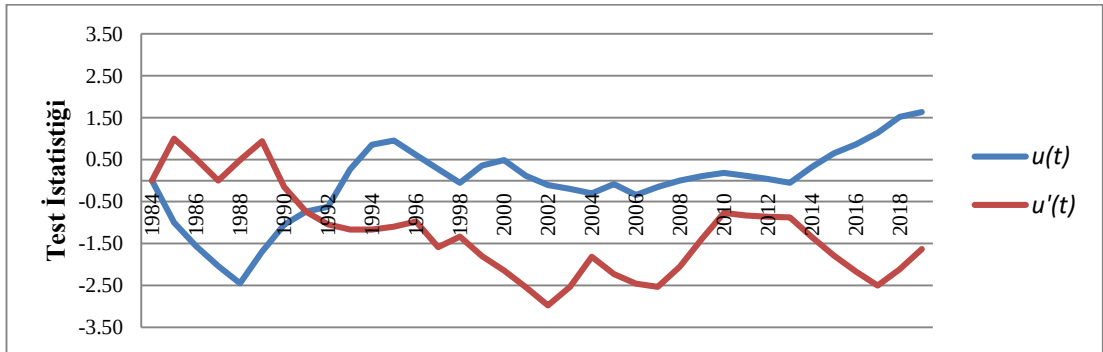
Şekil 4.3 D13A022 numaralı AGİ için $u(t)$ - $u'(t)$ grafiği

D13A032 numaralı istasyonda 1990 yılından itibaren azalan yönlü şiddetli bir trendi gösteren grafik Şekil 4.4'te görülmektedir.



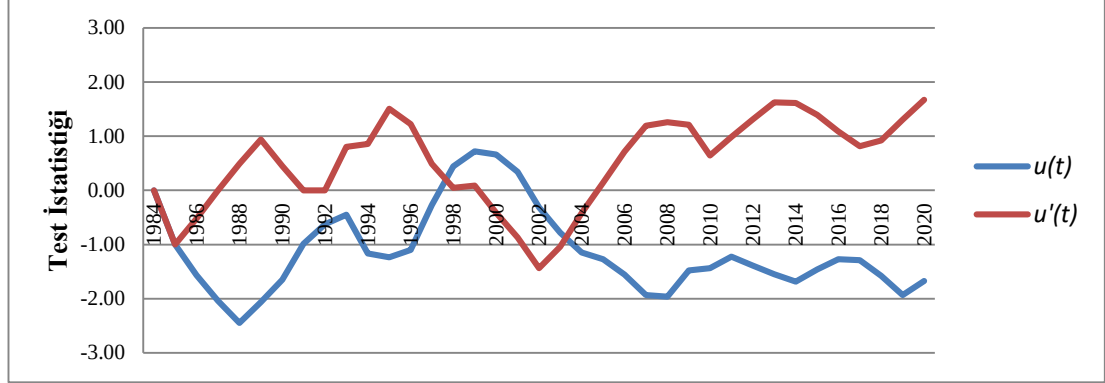
Şekil 4.4 D13A032 numaralı AGİ için $u(t)$ - $u'(t)$ grafiği

D13A036 numaralı istasyonda 1991 yılından itibaren artan yönlü bir eğilim Şekil 4.5'de gözlemlenmekle birlikte diğer test yöntemleri ile de istasyon verilerinin analiz edilerek karar verilmesi gerekmektedir.



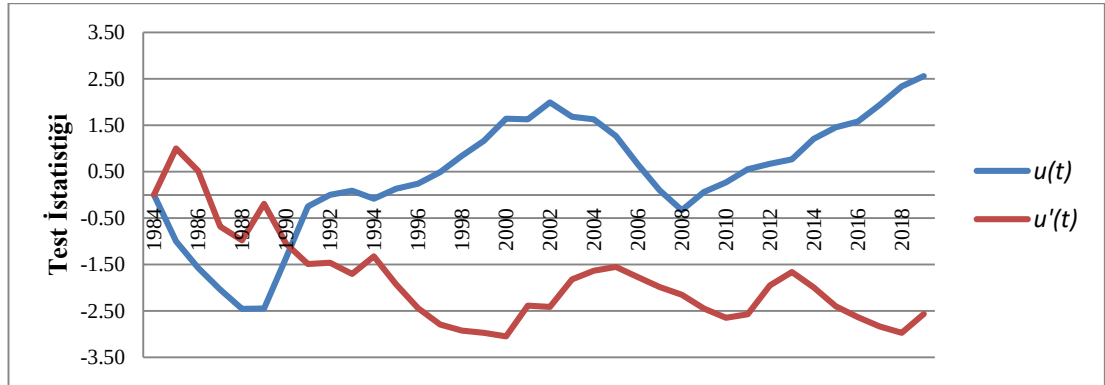
Şekil 4.5 D13A036 numaralı AGİ için $u(t)$ - $u'(t)$ grafiği

Şekil 4.6'daki grafik incelendiğinde D13A037 numaralı istasyonda 2003 yılından itibaren azalan yönlü bir trend başlangıcı gözükmemektedir. İstasyona ait verilerin diğer yöntemlerle de irdelenerek daha net sonuçlara ulaşılması ihtiyacı vardır.



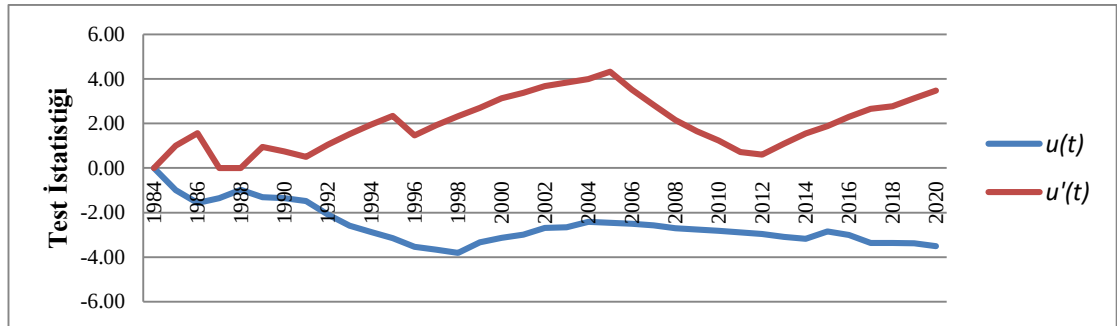
Şekil 4.6 D13A037 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği

D13A040 numaralı istasyonda Şekil 4.7'de görüleceği üzere 1990 yılı başlangıç olmak üzere artan yönlü şiddetli bir trend gözlemlenmektedir.



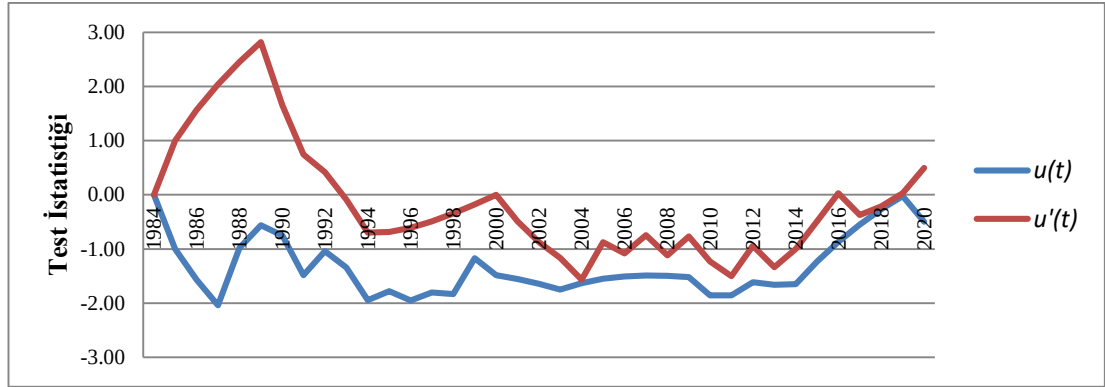
Şekil 4.7 D13A040 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği

Şekil 4.8'te görüldüğü üzere 1985 yılı başlangıç olmak üzere D13A045 numaralı istasyonda azalan yönlü belirgin bir trendin varlığı tespit edilmiştir.



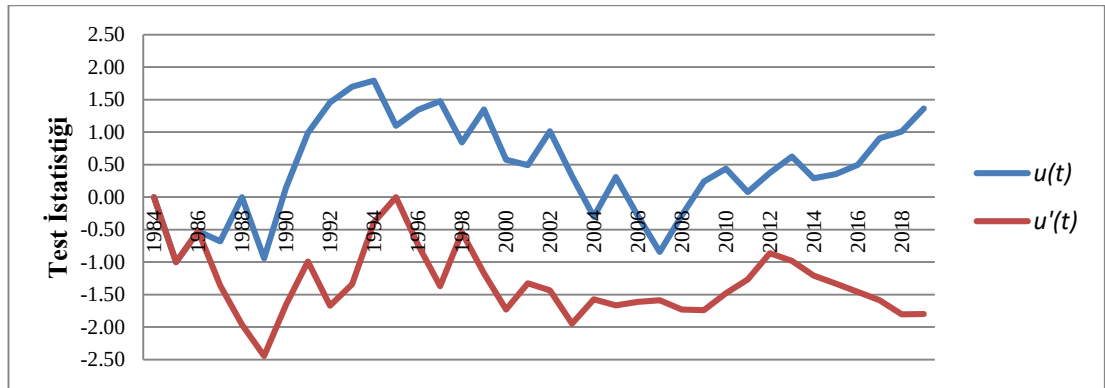
Şekil 4.8 D13A045 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği

D13A046 numaralı istasyonda Mann-Kendall Sıra Korelasyon Testi sonuçlarına göre herhangi bir trend varlığından söz edilemez. Fonksiyonlar uzun bir süre birbirlerinden bağımsız hareket etmiş olup 2019 yılında bir kesişmenin olduğu Şekil 4.9’da görülmektedir. Bu tarihten sonraki süreç için tutulacak uzun yıllara ait verilerle geleceğe yönelik çalışmalar yapılabilir.



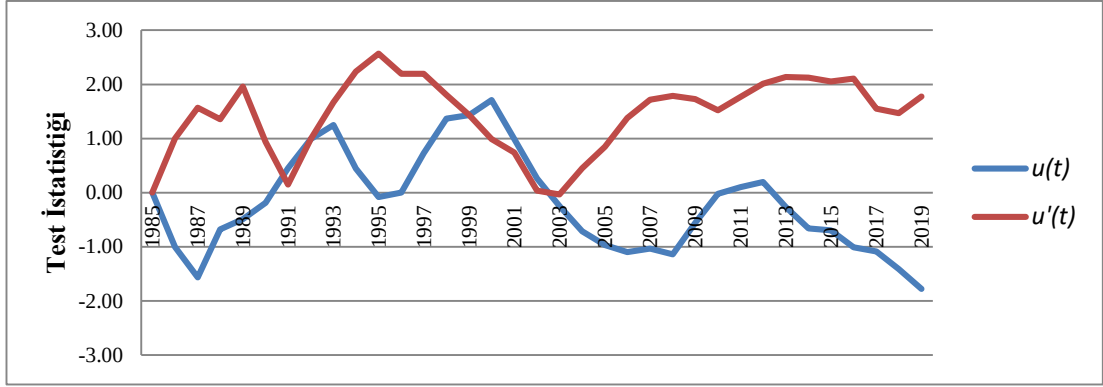
Şekil 4.9 D13A046 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği

D13A049 numaralı istasyonda Şekil 4.10’da görüleceği üzere 1986 yılından itibaren artan yönlü bir eğilim gözlemlenmektedir. İlk başta hızla yükselen eğilim daha sonra daha sakin bir seyir izlemiştir. İstasyonun olduğu bölgenin diğer test yöntemleri ve başkaca meteorolojik verilerin ışında değerlendirilerek edilerek karar verilmesi gerekmektedir.



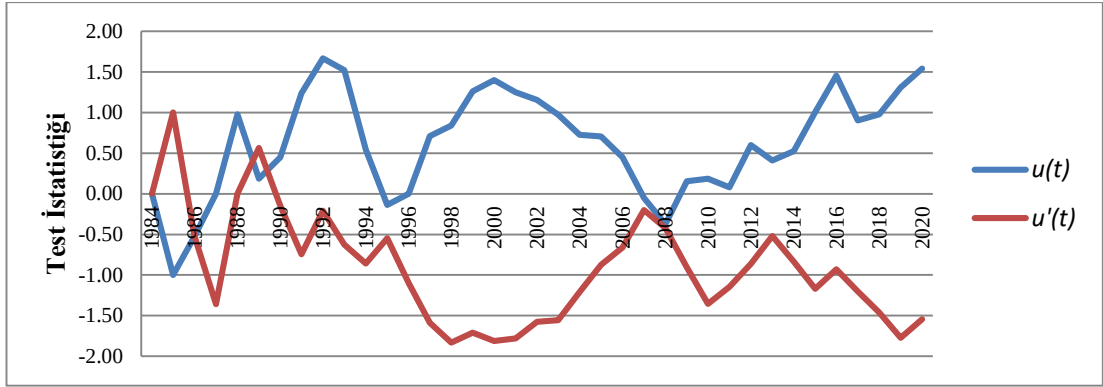
Şekil 4.10 D13A049 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği

D13A052 istasyonu verileri ile yapılan analizlerde $u(t)$ ve $u'(t)$ fonksiyonlarının birbirlerini Şekil 4.11’de görüldüğü üzere birçok noktada kesmesi belirli bir trendin olmadığını işaret etmekle beraber 2003 yılından itibaren yukarı azalan belirgin bir eğilim görülmektedir.



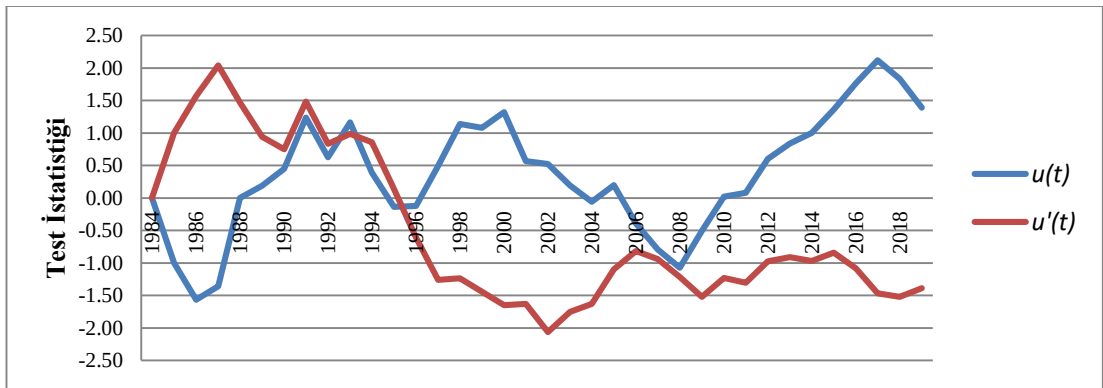
Şekil 4.11 D13A052 numaralı AGİ için $u(t)$ - $u'(t)$ grafiği

E13A002 istasyonuna ait Şekil 4.12’de görüleceği üzere $u(t)$ ve $u'(t)$ fonksiyonlarının birbirlerini birçok noktada kesmesi belirli bir trendin olmadığını işaret etmekle beraber 2003 yılından itibaren yukarı artan belirgin bir eğilim görülmektedir.



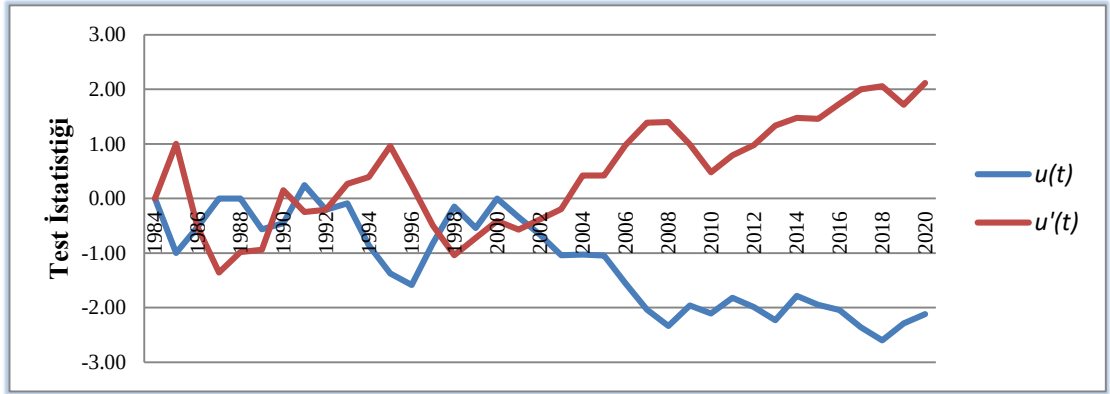
Şekil 4.12 E13A002 numaralı AGİ için $u(t)$ - $u'(t)$ grafiği

Şekil 4.13’de görüleceği üzere E13A007 istasyonu $u(t)$ ve $u'(t)$ fonksiyonlarının birbirlerini birçok noktada kesmesi belirli bir trendin olmadığını işaret etmekle beraber 2008 yılından itibaren yukarı artan yönlü bir trend eğilimine girildiği söylenebilir.



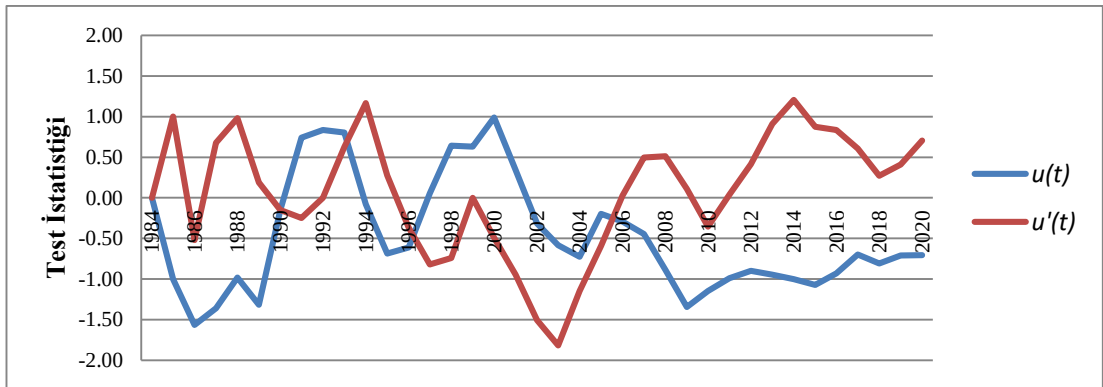
Şekil 4.13 E13A007 numaralı AGİ için $u(t)$ - $u'(t)$ grafiği

E13A014 numaralı istasyonda 1984-2001 yılları arasında fonksiyonların birbirlerini defalarca kesmesi belirtilen periyot için belirli bir trendin olmadığını göstermektedir. Şekil 4.14’ de E13A014 numaralı istasyonda 2001 yılı başlangıç olmak üzere fonksiyonların birbirlerinden fark edilir bir şekilde uzaklaşması belirgin bir azalan yönlü trend eğilimini göstermektedir. Başkaca yöntemlerle istasyona ait verilerin irdelenerek gerekli çalışmaların yapılması gerekmektedir. Yapılacak analizler ve elde edilecek nihai sonuçlara göre kuraklık açısından ivedi tedbirlerin alınması gerekebilir.



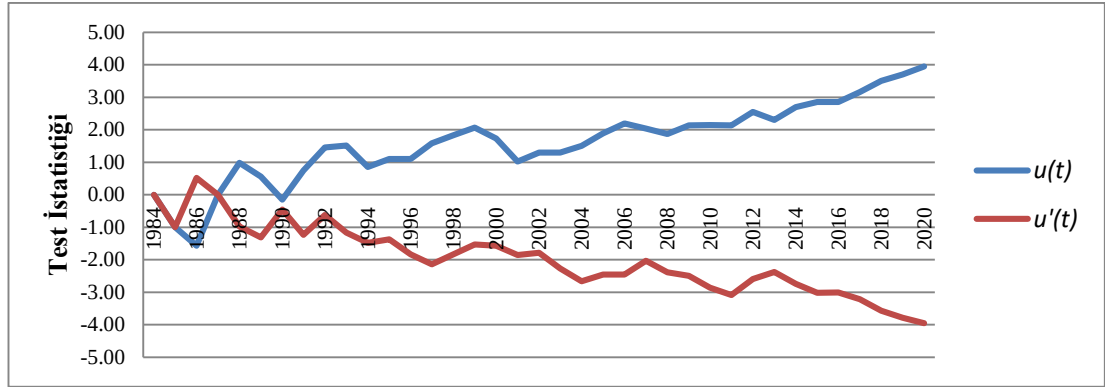
Şekil 4.14 E13A014 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği

E13A019 numaralı istasyona ait Şekil 4.15 incelendiğinde $u(t)$ ve $u'(t)$ fonksiyonlarının birbirlerini birçok noktada kesmesi belirli bir trendin olmadığını göstermektedir. Bu durum özellikle 1984-2005 yılları arasında belirgindir. Bununla birlikte istasyonda 2005 yılında bir kırılma yaşanmış ve fonksiyonlar o tarihte birbirlerini keserek daha sonrasında bir eğilime girmiş olarak görülmektedir. İstasyona ait verilerinin gelecekte tekrar değerlendirilmesinde fayda görülmektedir.



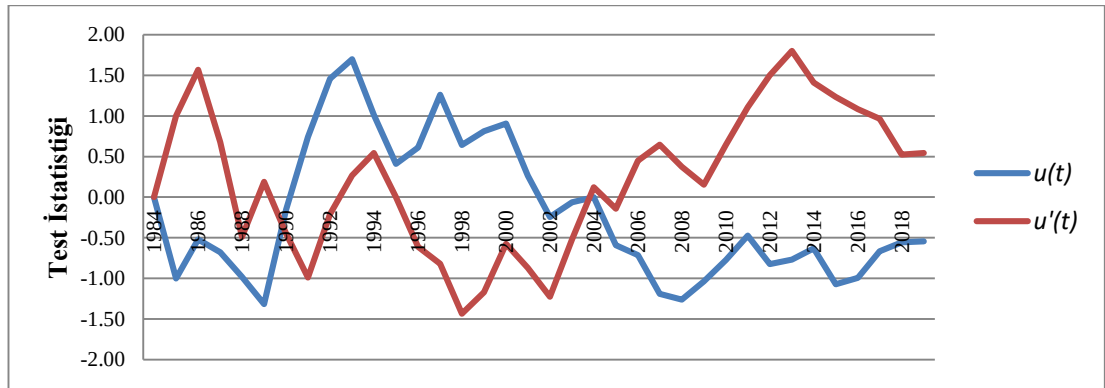
Şekil 4.15 E13A019 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği

E13A027 numaralı istasyonda Şekil 4.16’da görüleceği üzere 1987 yılı başlangıç olmak üzere artan yönlü şiddetli bir trend gözlemlenmektedir. Grafikte görüldüğü üzere fonksiyonlar birbirlerinin 1987 yılında bir kez kestikten sonra şüphe bırakmayacak şekilde birbirlerinden farklı istikamette gitmektedirler. Bu eğilimin gelecekte de devam edeceği yönünde güçlü emareler görülmektedir.



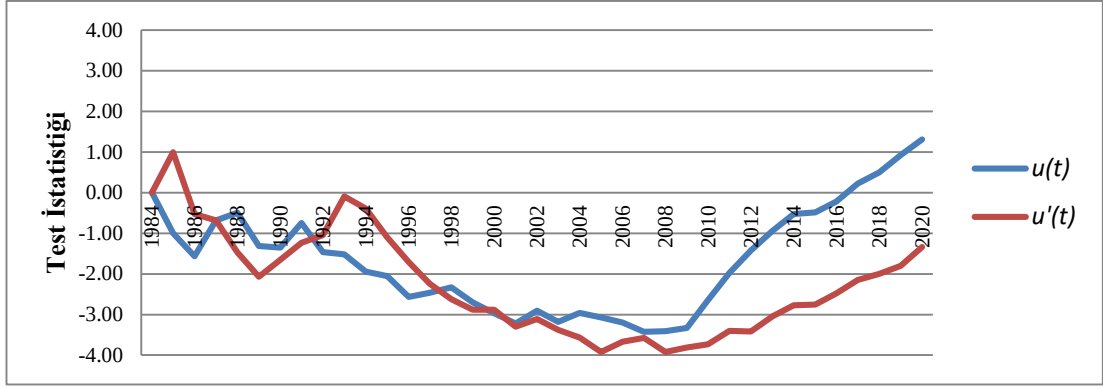
Şekil 4.16 E13A027 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği

Şekil 4.17 de yer alan grafik incelendiğinde $u(t)$ ve $u'(t)$ fonksiyonlarının birbirlerini birçok noktada kesmesi belirli bir trendin olmadığını işaret etmektedir. Ancak E13A031 numaralı istasyonunda 2005 yılı başlangıç olmak üzere azalan bir eğilim dönemine girildiği gözükmemektedir. Verilerinin gelecekte tekrar değerlendirilmesi faydalı olacaktır.



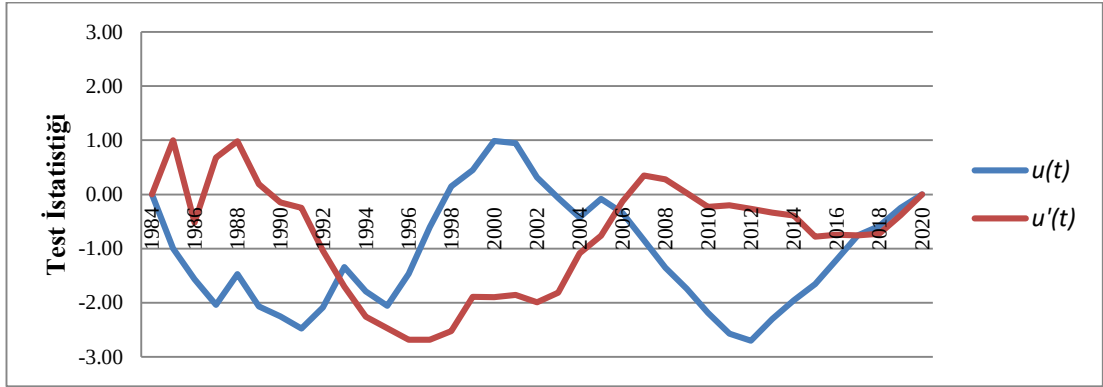
Şekil 4.17 E13A031 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği

Mann-Kendallı Mertebe Korelasyon Testine göre E13A032 numaralı istasyonda belirgin bir trendin olduğundan söz edilemez. Şekil 4.18’de 2007 yılı başlangıç olmak üzere artan yönlü bir eğilimin olduğu gözlemlenmektedir.



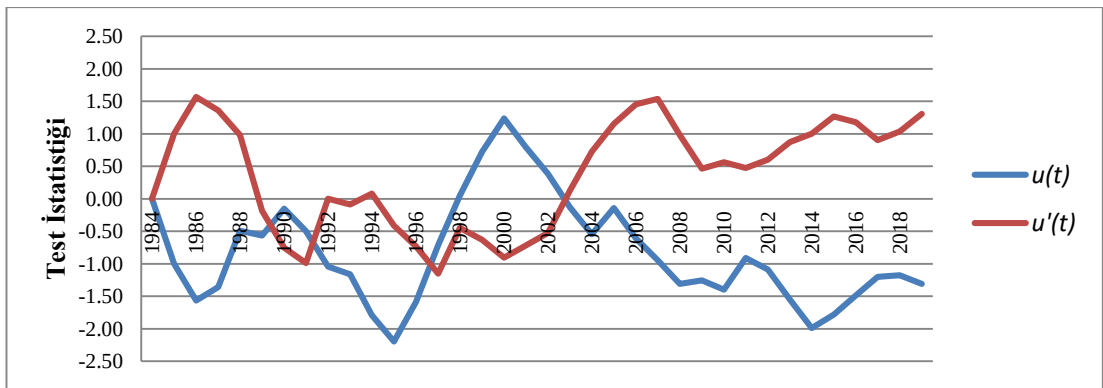
Şekil 4.18 E13A032 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği

E13A034 numaralı istasyonda Şekil 4.19’da görüleceği üzere Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi sonuçlarına göre herhangi bir trend varlığından söz edilemez.



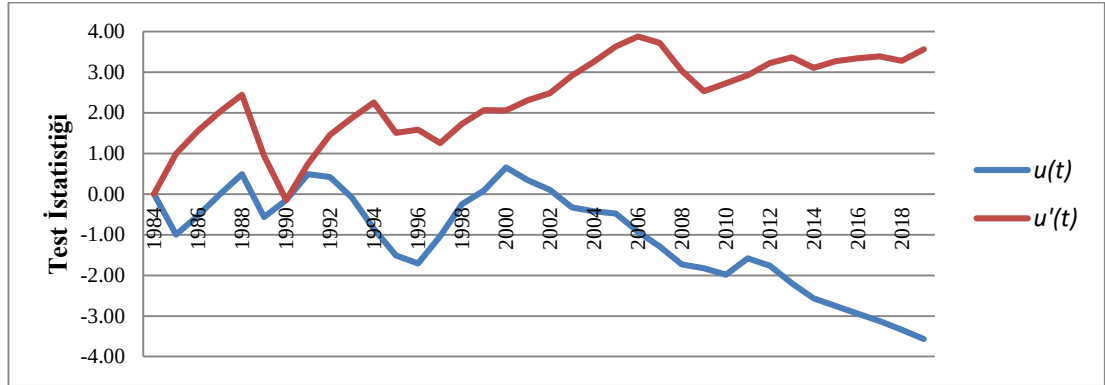
Şekil 4.19 E13A034 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği

Şekil 4.20’de yer alan grafik incelendiğinde $u(t)$ ve $u'(t)$ fonksiyonlarının birbirlerini birçok noktada kesmesi belirli bir trendin olmadığını işaret etmektedir. E13A035 numaralı istasyonun 2003 yılı başlangıç olmak üzere azalan bir eğilim dönemine girdiği gözükmemektedir. Verilerinin gelecekte tekrar değerlendirilmesi faydalı olacaktır.



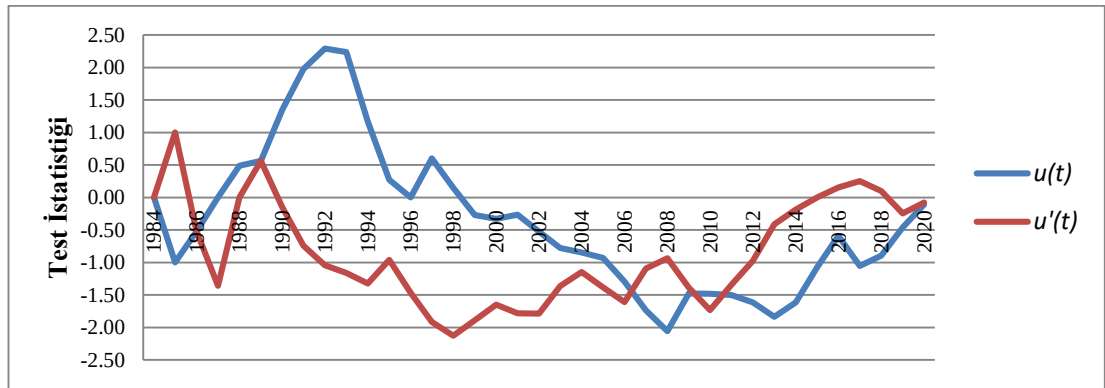
Şekil 4.20 E13A035 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği

Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testine göre E13A036 numaralı istasyonda Şekil 4.21’de görüleceği üzere belirgin bir azalan yönlü trendin tespit edilmiştir.



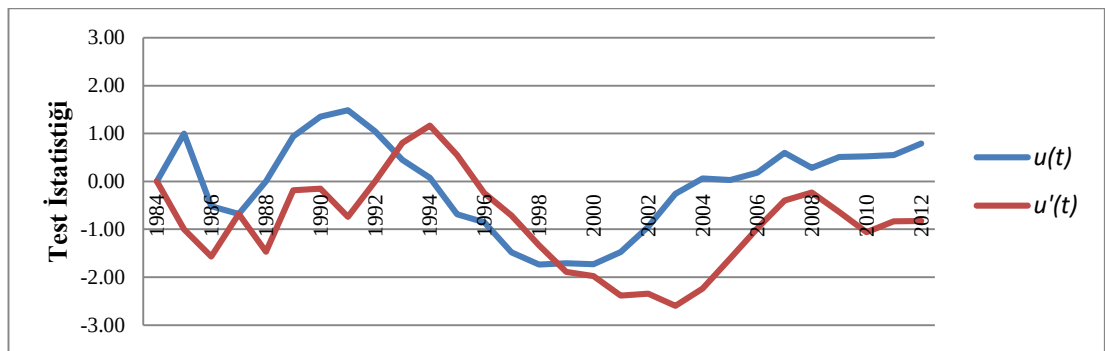
Şekil 4.21 E13A036 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği

E13A034 numaralı istasyonda Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi sonuçlarına göre Şekil 4.22 de görüleceği üzere herhangi bir trend varlığından söz edilemez.



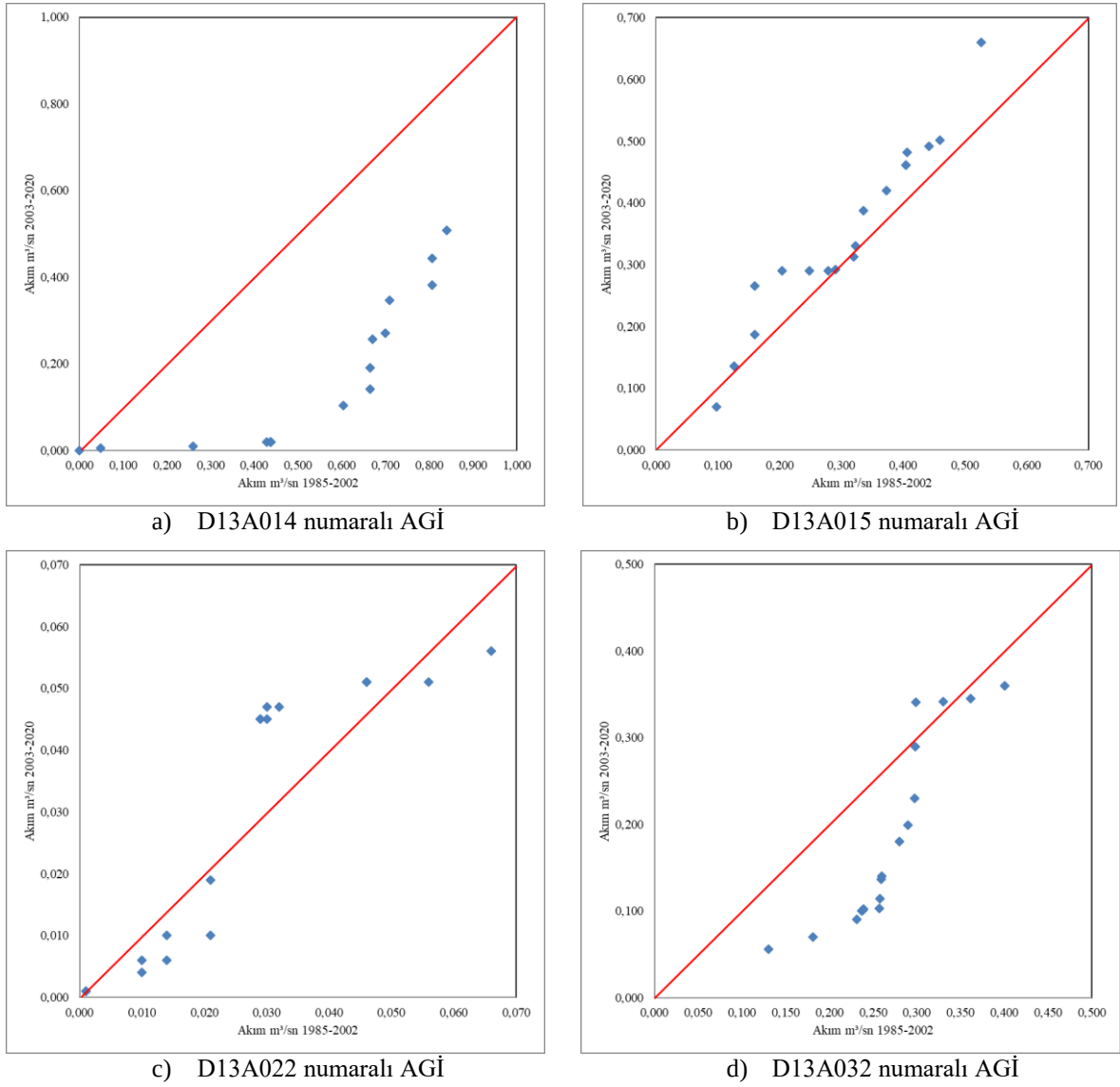
Şekil 4.22 E13A040 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği

E13A043 istasyonuna ait Şekil 4.23 de yer alan grafik incelendiğinde $u(t)$ ve $u'(t)$ fonksiyonlarının birbirlerini birçok noktada kesmesi belirli bir trendin olmadığını ve 1999 yılı başlangıç olmak üzere artan bir eğilim dönemine girildiğini göstermektedir.



Şekil 4.23 E13A043 numaralı AGİ için $u(t)-u'(t)$ grafiği

4.3.5 Şen'in Yenilikçi Trend Analizi Testi Bulguları



Şekil 4.24 D13A014, D13A015, D13A022 ve D13A032 numaralı akım gözlem istasyonları

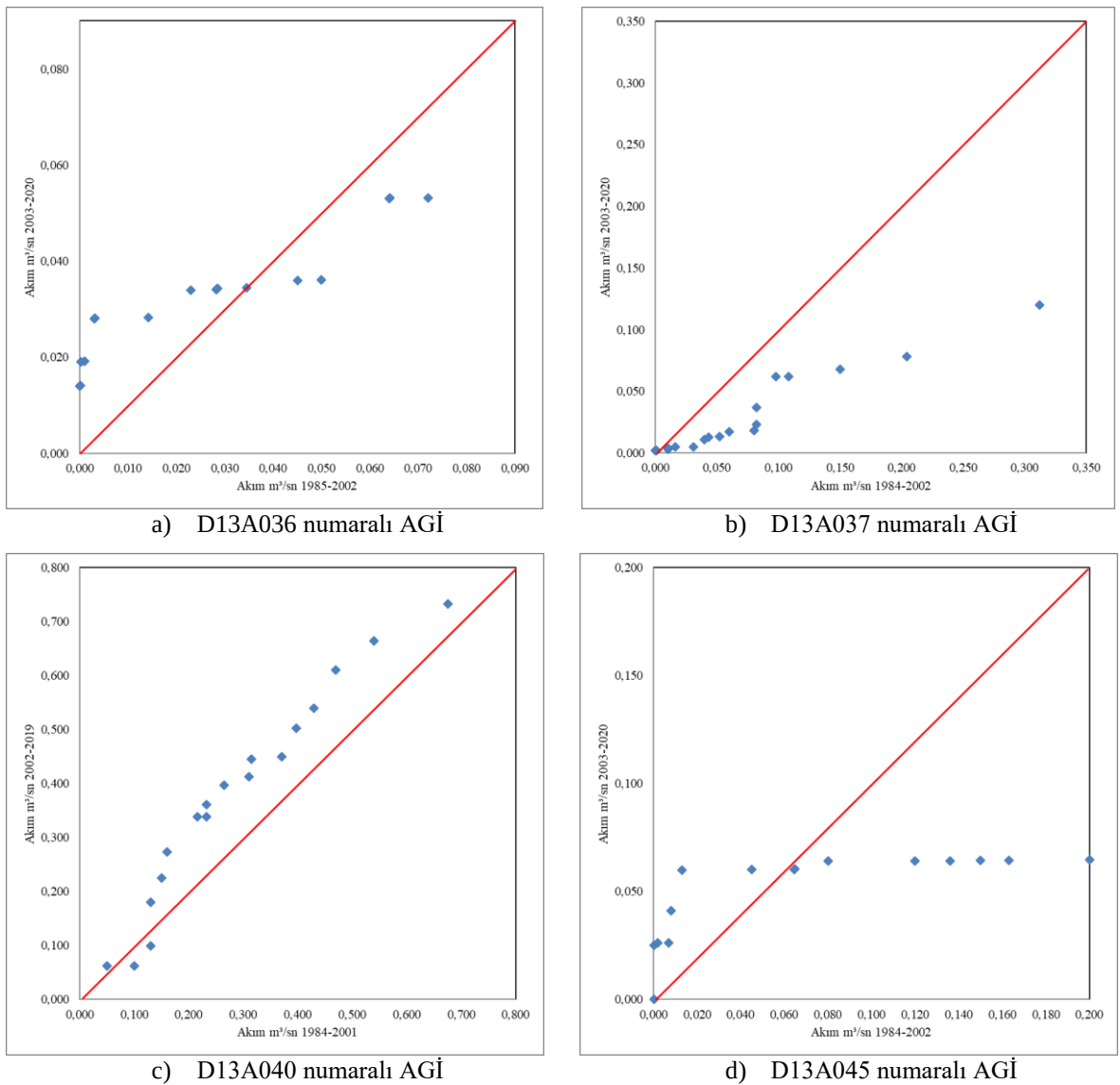
Şen'in yenilikçi eğilim yöntemine göre eğilim grafikleri

D13A014 istasyonunda Şekil 4.24 (a)'da görüleceği üzere minimum akımlara ait düşük, orta ve yüksek akım değerlerinin tamamında azalan yönlü trend varlığı gözlemlenmiştir.

D13A015 istasyonu analiz sonuçlarına göre tekdüze olmayan artan yönlü bir trend varlığından bahsedilebilir (Şekil 4.24 (b)). Bu durum özellikle yüksek değerler için geçerlidir. Orta akım değerlerinde ise trendin olmadığı söylenebilir.

D13A022 istasyonunda Şekil 4.24 (c)'de görüleceği üzere tekdüze olmayan bir trend eğimi görülmektedir. Düşük akımlarda 2003-2020 aralığında belirgin bir azalan trend gözlemlenmektedir. Orta akımlar artan bölgede yer almakla birlikte yüksek akımlarda trend eğrisi tekrar azalan bölgeye geçmektedir.

D13A032 istasyonu düşük ve orta akım verilerine bakıldığında belirgin bir azalan yönlü trend içerisindedir. Şekil 4.24 (d)'de görüleceği üzere yüksek akım verilerinde ise durum bir miktar daha stabil gözükmektedir.



Şekil 4.25 D13A036, D13A037, D13A040 ve D13A045 numaralı akım gözlem istasyonları

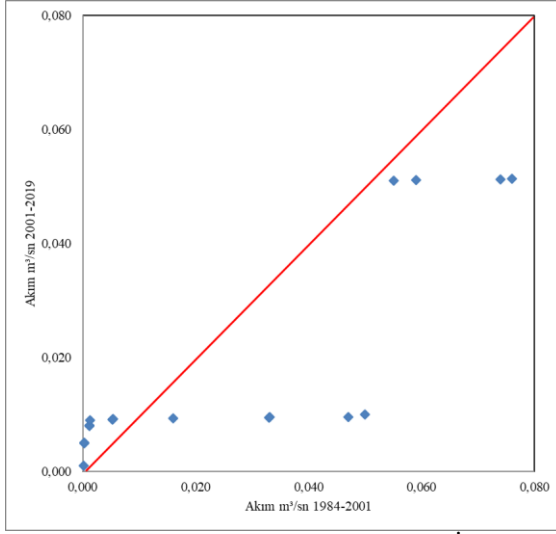
Şen'in yenilikçi eğilim yöntemine göre eğilim grafikleri

D13A036 numaralı akım gözlem istasyonunda verilere ait saçılım noktaları Şekil 4.25 (a)'da görüleceği üzere homojen olarak dağılmamakta trend ve bu durum trend tespitini zorlaştırmaktadır. Düşük akımlar artan yönlü bölgede kalmakla birlikte trendin yönü yüksek akım verilerinde azalan trendin varlığına işaret etmektedir. Şen'in yenilikçi trend analiz yöntemi sonuçlarına göre istasyon için kesin bir sonuca varmak mümkün değildir. Diğer analiz yöntemleri ile karşılaştırmalar yapılarak karar verilmesi doğru olacaktır.

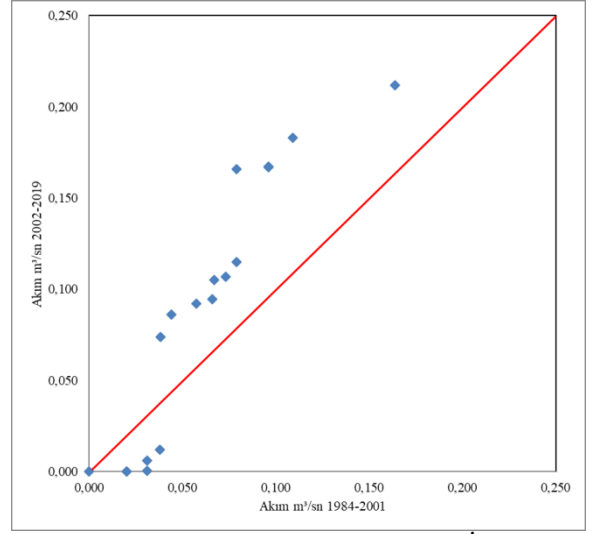
D13A037 numaralı akım gözlem istasyonunda Yenilikçi Şen Yöntemine göre tekdüze bariz bir azalan yönlü trend varlığı gözlemlenmektedir(Şekil 4.25 (b)). Saçılım noktalarının Kartezyen düzlemin başlangıç noktasında yoğunlaşmıştır. Düşük akımlar azalan trendin en yoğun görüldüğü kısımlardır. Orta akımlar bir miktar trend olmayan bölgeye yakınsamıştır. Tüm akım verileri 1:1 çizgisinin altında kalarak azalan trend bölgesinde yer almıştır.

D13A040 numaralı istasyonda düşük akım verileri trend olmayan bölgede başlamış ancak daha sonra artan trend bölgesine geçiş yapmıştır. Orta akımlardan itibaren yüksek akımlarda dahil olmak üzere neredeyse tüm akım verilerinin artan trend bölgesinde kaldığı Şekil 4.25(c)'de görülmektedir. Bu veriler ışığında D13A040 numaralı istasyonda Şen'in yenilikçi trend analizi yöntemine göre artan yönlü bariz bir trendin var olduğu tespit edilmiştir.

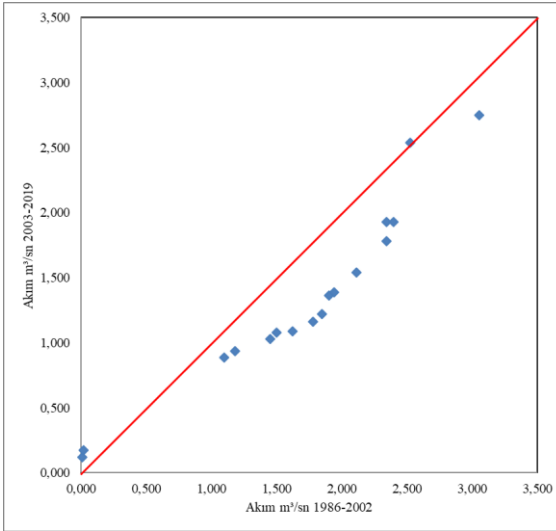
D13A045 numaralı akım gözlem istasyonu verileri incelendiğinde düşük akım verilerinin artan trend bölgesinde kaldığı görülmektedir. Orta akım verileri kısmen trend olmayan 1:1 (45°) çizgisi bölgesinde konumlanmış ve daha sonra azalan trend bölgesine geçiş yapmıştır. Yüksek akım verileri ise tamamıyla azalan trend bölgesinde yer almaktadır. Şekil 4.25 (d) incelendiğinde verilerin belirli bir noktadan sonra neredeyse yatay bir düzleme geçiş yaptığı görülmektedir. Bunun sebepleri irdelendiğinde akım veri setinin ortadan ayrılmasıyla elde edilen kısımlarından 1984-2002 yıllarını kapsayan parçasında verilerin birbirlerine çok yakın olmasından kaynaklı olduğu görülmüştür. Grafik bütünleşik olarak incelendiğinde akım verileri artan trend bölgesinden azalan trend bölgesine geçiş yapmış olduğu ve nihai sonucun azalan trend yönünde olduğu görülmektedir.



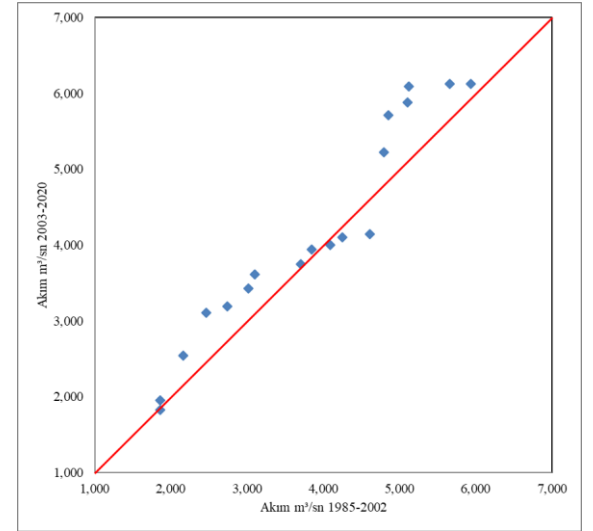
a) D13A046 numaralı AGİ



b) D13A049 numaralı AGİ



c) D13A052 numaralı AGİ



d) E13A002 numaralı AGİ

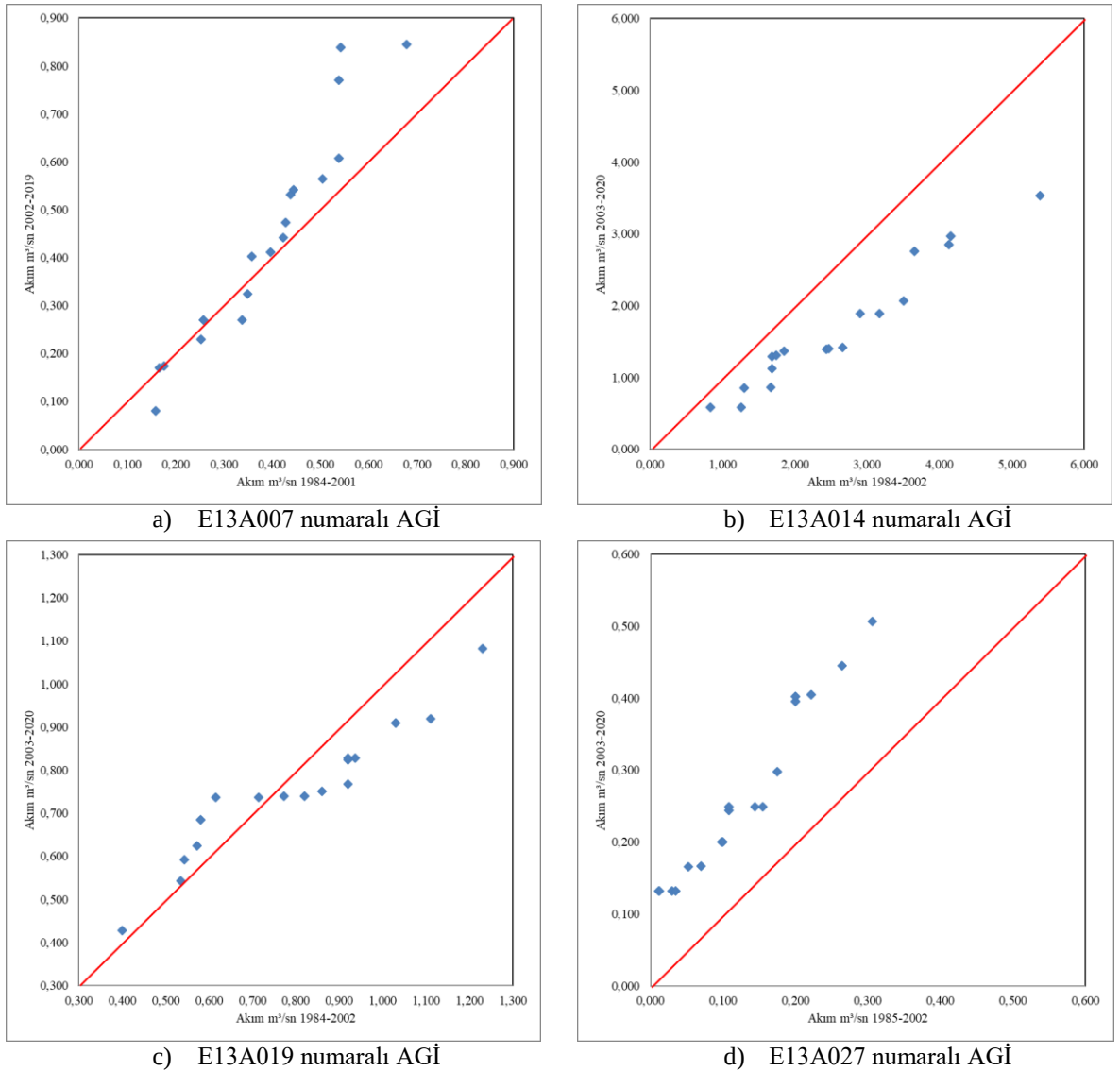
Şekil 4.26 D13A046, D13A049, D13A052 ve E13A002 numaralı akım gözlem istasyonları Şen'in yenilikçi eğilim yöntemine göre eğilim grafikleri

D13A046 istasyonunun analiz sonuçlarına göre Şekil 4.26 (a)'da görüleceği üzere tekdüze olmayan azalan yönlü bir trend varlığı gözlemlenmektedir. Analiz sonuçlarının diğer yöntemlerde elde edilen verilerle eş güdümlü olarak değerlendirilmesi yarar sağlayacaktır.

D13A049 istasyonunda tekdüze olmayan artan bir trend varlığı gözlemlenmektedir (Şekil 4.26 (b)). Düşük akım verileri azalan bölgede yer almakla birlikte orta ve yüksek akım verileri istasyonda artan yönlü bir trende işaret etmektedir.

D13A052 istasyonunda tekdüze olmayan azalan yönlü trend tespit edilmiştir (Şekil 4.26 (c)). Bu durum düşük ve yüksek akım verilerinden ziyade orta akım verilerinde kolaylıkla görülebilir. Düşük ve yüksek akım verileri için trendin olmadığı 1:1 çizgisine yakınsama içerisinde.

E13A002 istasyonunda analiz sonuçlarına göre Şekil 4.26 (d)'de görüleceği üzere tekdüze olmayan artan yönlü bir trend varlığından bahsedilebilir. Düşük ve yüksek akım verilerinin net bir şekilde artan bölgede kaldığı söylenebilmektedir. Ancak orta akım verileri grafikte trendin olmadığını işaret edildiği 45° lik eğri üzerine denk gelmektedir.



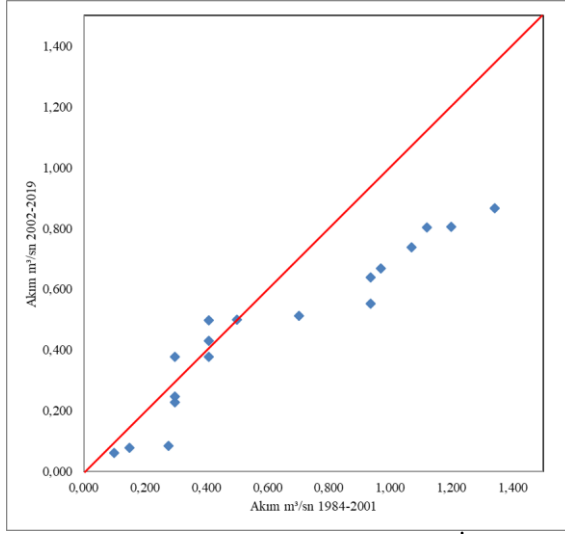
Şekil 4.27 E13A007, E13A014, E13A019 ve E13A027 numaralı akım gözlem istasyonları Şen'in yenilikçi eğilim yöntemine göre eğilim grafikleri

E13A007 numaralı akım gözlem istasyonu verileri incelendiğinde saçılım noktalarının düşük akımların temsil edildiği kısımda azalan trend bölgesinden başlayıp sonrasında 1:1 çizgisinin üzerinde konumlandığı görülmektedir Şekil 4.27 (a). Orta akımlar ise trend olmayan bölgeyi temsil eden 1:1 çizgisi üzerinden artan trend bölgesine geçiş yapılan bölümdür. Yüksek akım verileri ise tamamıyla artan trend bölgesinde yer almaktadır. Grafik bütünleşik olarak incelendiğinde azalan yönlü hiçbir eğilim görülmemiştir. Düşük ve orta akım verilerinin neredeyse tamamen trend olmayan bölgede yer alması istasyon bölgesinde trend olmadığı düşüncesini kuvvetlendirmektedir. Ancak yüksek akım verilerinin artan trend bölgesinde olması istasyonun gelecekte güncel verilerle tekrar analiz edilmesi gerektiğini göstermektedir.

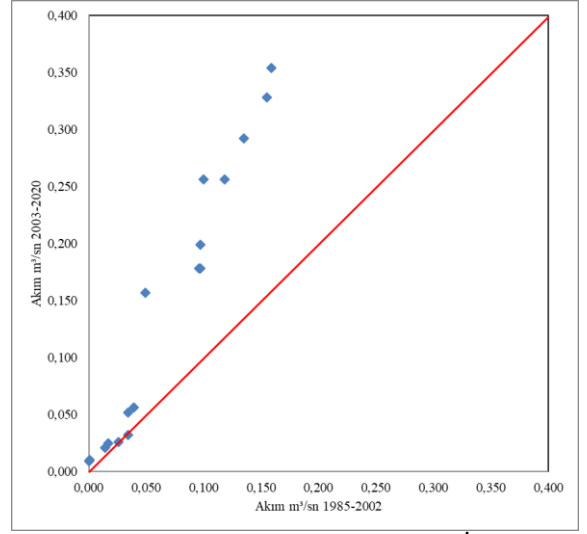
E13A014 numaralı akım gözlem istasyonu verileri Yenilikçi Şen Yöntemi'ne göre incelendiğinde istasyona ait verilerin tamamen 45° lik 1:1 çizgisinin altında kaldığı görülmektedir Şekil 4.27 (b). Düşük akım verilerinde itibaren orta ve yüksek akım verilerinde azalan yönlü trendin daha baskın bir hale geldiği görülmektedir. Bu veriler ışığında Yenilikçi Şen Yöntemi'ne göre tekdüze azalan yönlü bir trend tespit edilmiştir. İstasyona ait verilerin diğer analiz yöntemleriyle de analiz edilerek nihai kararın verilmesi gerekmektedir.

E13A019 numaralı istasyona ait grafik incelendiğinde düşük akım verilerinin kısmen artan trend bölgesinde kaldığı görülmektedir. Orta akım verileri bir geçiş bölgesini temsil etmektedir. Artan trend bölgesinden öncelikle trend olmayan bölgeye daha sonra ise azalan trend bölgesine doğru bir gidişat vardır. Yüksek akım verileri ise tamamen azalan trend bölgesindedir. Bu veriler ışığında istasyonda net olarak bir trend gözlemlendiği söylenemez. Ancak verilerin oluşturduğu Şekil 4.27 (c)'de görülen eğrisel çizgi istasyonun azalan yönlü bir trende yönelim halinde olduğunu ifade etmektedir. İlerleyen yıllarda istasyona ait verilerin güncellenerek istasyonun tekrar değerlendirilmesinde yarar görülmektedir.

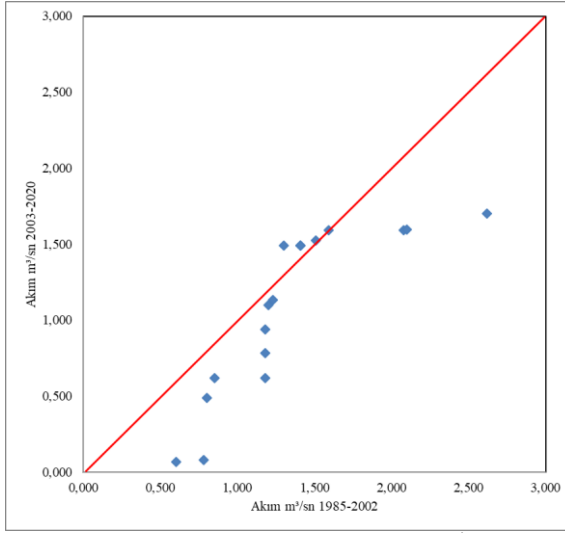
E13A027 istasyonunda tekdüze artan bir trend varlığı tespit edilmiştir. Şekil 4.27 (d)'ye bakıldığında düşük, orta ve yüksek akımları temsil eden tüm saçılım noktaları tamamıyla artan trend bölgesindedir. Yenilikçi Şen Yöntemine göre şüphe gerektirmeyecek bir şekilde artan yönlü trendin varlığı dile getirilebilir.



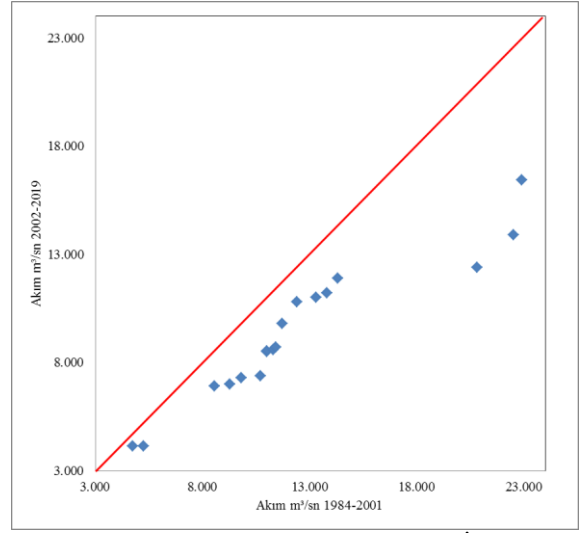
a) E13A031 numaralı AGİ



b) E13A032 numaralı AGİ



c) E13A034 numaralı AGİ



d) E13A035 numaralı AGİ

Şekil 4.28 E13A031, E13A032, E13A034 ve E13A035 numaralı akım gözlem istasyonları

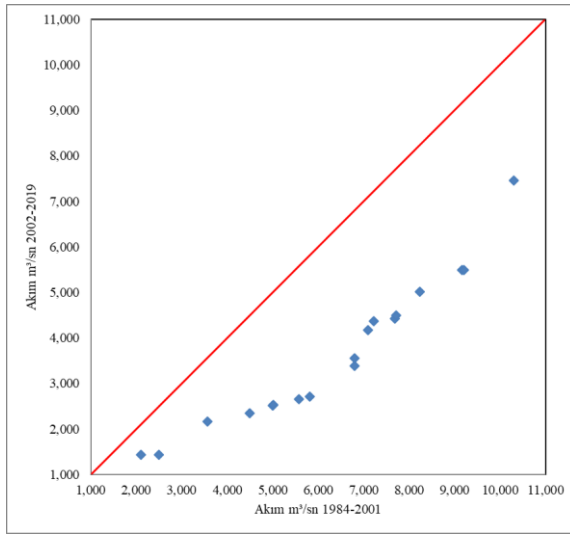
Şen'in yenilikçi eğilim yöntemine göre eğilim grafikleri

E13A031 istasyonunda tekdüze olmayan azalan yönlü trend varlığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.28 (a)). Düşük ve orta akım verileri trendin olmadığı bölgede bulunmakla birlikte yüksek akım verileri azalan trendin işaret edildiği üçgen içerisinde kalmaktadır.

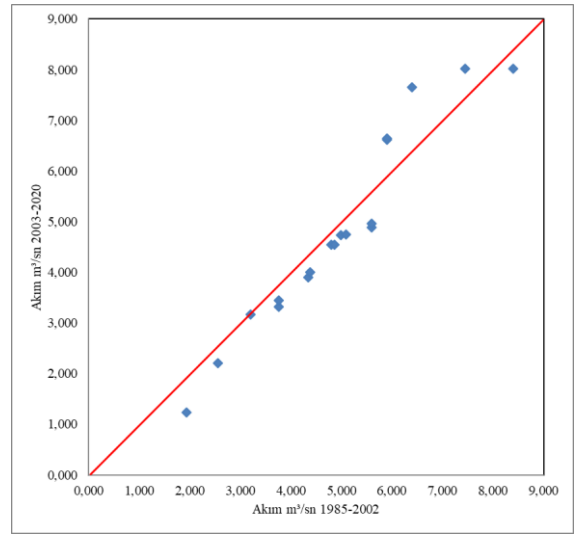
Şekil 4.28 (b)'de görüldüğü üzere E13A032 istasyonunda tekdüze artan yönlü bir trend varlığı tespit edilmiştir. Düşük akım verileri kısmi olarak trendin olmadığı bölgede kalsa da orta ve yüksek akım veri belirgin bir şekilde artan trende işaret etmektedir.

E13A034 istasyonunda düşük ve kısmi yüksek akımlarda azalan yönlü bir trend eğilimi görülmektedir (Şekil 4.28 (c)). Orta akım değerlerinde ise trendin olmadığı bir aralığın hakim olduğu tespit edilmiştir.

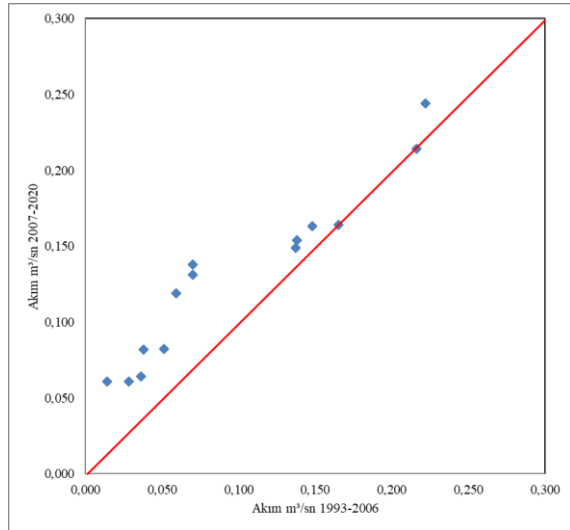
E13A035 istasyonunda tekdüze azalan yönlü bir trend varlığı tespit edilmiştir. İstasyona ait düşük, orta ve yüksek akımların tamamı azalan trend bölgesinde yer aldığı Şekil 4.28 (d)'de görülmektedir.



a) E13A036 numaralı AGİ



b) E13A040 numaralı AGİ



c) E13A043 numaralı AGİ

Şekil 4.29 E13A036, E13A040 ve E13A043 numaralı akım gözlem istasyonları Şen'in yenilikçi eğilim yöntemine göre eğilim grafikleri

E13A036 istasyonunda tekdüze azalan yönlü bir trend varlığı tespit edilmiştir. Şekil 4.29 (a)'da görüleceği üzere istasyona ait düşük, orta ve yüksek akımların tamamı azalan trend bölgesinde yer almaktadır.

E13A040 istasyonunda analiz sonuçlarına göre verilerin büyük kısmı trendin olmadığı hat üzerinde konumlanmıştır. Şekil 4.29 (b) incelendiğinde Yenilikçi şen yöntemine göre herhangi bir trend varlığından söz edilemez.

E13A043 istasyonunda Şekil 4.29 (c) incelendiğinde tekdüze olmayan artan yönlü bir trendin varlığı gözlemlenmektedir. Özellikle düşük ve orta akımlarda artan eğilim daha baskın bir şekilde gözlemlenirken, yüksek akımlar trend olmayan bölgeye yoğunlaşmıştır.

4.4 Trend Analizlerinin Örnek İstasyonda Uygulaması

Trend analizi çalışmalarında çalışma kapsamında seçilen 23 adet istasyonun tamamı için Mann-Kendall Testi, Spearman'ın Rho Testi, Sen'in Trend Eğim Metodu, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi ve Sen'in Yenilikçi Trend Analizi Testi uygulanmıştır. Bu kısımda seçilen bir istasyon için yapılan analizlerin detaylarına yer verilmiştir.

İstasyon Bilgileri

İstasyon Numarası: D13A014

Yeri: Bartın Safranbolu Karayolunun 21. Km'sindeki Kirazlık Köprünün 150 m Mansabındadır (PAFTA: E28-C3) 32°24'41" Doğu - 41°33'37" Kuzey

Yağış Alanı: 1016 km² **Yaklaşık Kot:** 50 m

Yıl	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Akım Değeri	1,050	0,048	0,670	0,000	1,050	0,806	0,840	1,240	0,664	0,664

Yıl	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Akım Değeri	0,260	0,428	0,699	0,806	2,300	0,603	0,709	0,437	0,437	0,019

Yıl	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Akım Değeri	0,270	0,005	0,191	0,019	0,000	0,594	0,519	0,444	0,103	0,141

Yıl	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Akım Değeri	0,508	0,381	0,256	0,585	0,346	0,010	0,019

4.4.1 Spearman’ın Rho Testi

Akım değerleri öncelikle küçükten büyüğe sıralanırlar. Sonrasında sıralanan verilere 1 den başlayarak sıra numarası verilerek R_{xi} dizisi elde edilir. Yıllar ise başlangıç yılından itibaren 1 den başlayarak son yıla kadar numaralandırma işlemine tabi tutulur. Formül 3.10 kullanılarak r_s değeri hesaplanır.

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rxi	35	8	28	2	34	32	33	36	27	26

i	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Rxi	13	17	29	31	37	25	30	19	18	7

i	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Rxi	14	3	11	6	1	24	22	20	9	10

i	31	32	33	34	35	36	37
Rxi	21	16	12	23	15	4	5

$r_s = 1 - 6 \frac{[\sum_{i=1}^n (R(x_i - i))^2]}{(n^3 - n)}$ bağıntısı uygulanarak $r_s = -0,490$ olarak bulunur.

Formül 3.11 kullanılarak $Z = r_s \sqrt{n-1} = -2,94$ bulunur. Hesaplanan Z standart normal sapmanın mutlak değeri standart normal dağılım tablosunda $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyi için belirlemiş olduğumuz $Z_{\alpha/2} = \pm 1,96$ değerinden büyük olduğu için trendin olmadığına savunulduğu “ H_0 :Trend Yok” hipotezi reddedilmekte ve $r_s > 0$ olduğundan dolayı da analizi yapılan zaman aralığında azalan yönlü trendin varlığı tespit edilmektedir.

4.4.2 Mann-Kendall Testi

$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)$ formülü kullanılarak

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

önüne alınmasıyla S değeri bulunur. Burada yapılan şey esas olarak her veri için kendinden sonra gelen tüm verilerle karşılaştırılması yapılarak büyük oldukları için +1, küçük oldukları için -1 ve eşit olanlar için 0 değerlerinin verilmesi sonrası ortaya çıkan tüm değerlerin toplanmasıdır. Yöntemin detaylı bir açıklaması ve Microsoft Excel programında uygulanması (Zaiontz, 2022) tarafından düzenlemiş olan web sayfasında bulunabilir.

Kendall Korelasyon Katsayısı $\tau = \frac{S}{[n(n-1)/2]}$ formülü uygulanarak $\tau = -0,37$ olarak bulunur.

Örnekleme sayısı $n > 10$ olduğundan ve tüm verilerin birbirinden farklı olduğu kabulü ile $\sigma_S = \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18}$ formülü kullanılır.

$$\sigma_S = \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18} \text{ ve } \sigma_S = 76,45914 \text{ bulunur.}$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{Eğer} & S > 0 \\ 0 & \text{Eğer} & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{Eğer} & S < 0 \end{cases} \quad S < 0 \text{ olduğundan } Z = (S+1)/\sigma_S = -3,18$$

bulunur.

Hesaplanan Z standart normal sapmanın mutlak değeri standart normal dağılım tablosunda $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyi için belirlemiş olduğumuz $Z_{\alpha/2} = \pm 1,96$ değerinden büyük olduğu için trendin olmadığı savunulduğu “ H_0 :Trend Yok” hipotezi reddedilmekte $S > 0$ olduğundan dolayı da analizi yapılan zaman aralığında azalan yönlü trendin varlığı tespit edilmektedir.

4.4.3 Sen'in Trend Eğim Metodu

Öncelikle veriler tabloya yerleştirip $Q_i = \frac{(x_j - x_k)}{(j-k)}$ ($i=1, \dots, N$) formülü (3.17) kullanılarak Q değerleri hesaplanır.

Q değerleri küçükten büyüğe sıralanarak medyan değer bulunur.

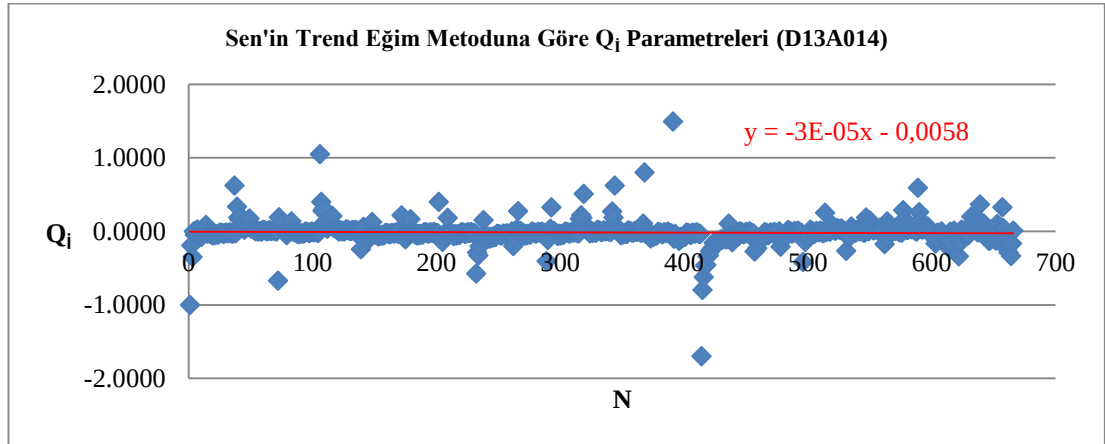
$$N = n(n-1)/2 \Rightarrow N = 666$$

N çift sayı olduğu için formül 3.19 kullanılır.

$Q_{medyan} = \left\{ \frac{1}{2} [Q_{N/2} + Q_{(N+2)/2}] \right\}$ 333'üncü ve 334'üncü değerlerin ortalamasıdır.

$$Q_{medyan} = \left\{ \frac{1}{2} [(-0,01767) + (-0,01764)] \right\}$$

Trend eğimi -0,01765 olarak tespit edilir.



Şekil 4.30 Örnek istasyon için Sen'in trend eğim metodu grafiği

4.4.4 Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi

D13A014 numaralı AGİ de, her bir veri için kendisinden önce gelen veriler içinde kaç tanesinin kendisinden küçük olduğu sayılarak n değeri bulunur. Daha sonra t değerleri, denklem (3.20), bunların ortalaması denklem (3.21), varyansı denklem (3.22) ve son olarak $u(t)$ fonksiyonu eşitlik (3.23) ile hesaplanır. Yapılan hesaplamalarla Tablo

4.4'de yer alan $u(t)$ fonksiyonu hesaplanmış olur. Aynı işlemler veriler tersten sıralanarak tekrar yapılır ve $u'(t)$ fonksiyonu hesaplanır.

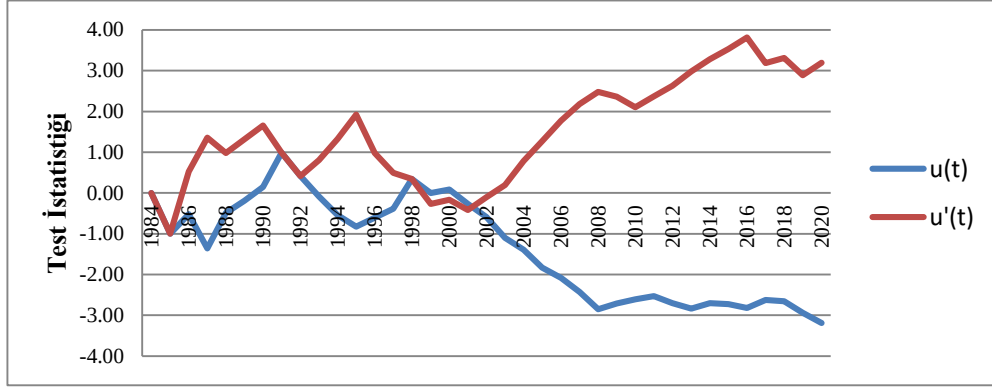
Tablo 4.4 $u(t)$ fonksiyonu hesabı

Mann-Kendal Mertebe Korelasyon Testi							
Sıra	Yıl	Değer	n	t	$Var(t)$	$E(t)$	$u(t)$
1	1984	1,050	0	0	0,00	0	0,00
2	1985	0,048	0	0	0,25	0,5	-1,00
3	1986	0,670	1	1	0,92	1,5	-0,52
4	1987	0,000	0	1	2,17	3	-1,36
5	1988	1,050	3	4	4,17	5	-0,49
6	1989	0,806	3	7	7,08	7,5	-0,19
7	1990	0,840	4	11	11,08	10,5	0,15
8	1991	1,240	7	18	16,33	14	0,99
9	1992	0,664	2	20	23,00	18	0,42
10	1993	0,664	2	22	31,25	22,5	-0,09
11	1994	0,260	2	24	41,25	27,5	-0,54
12	1995	0,428	3	27	53,17	33	-0,82
13	1996	0,699	7	34	67,17	39	-0,61
14	1997	0,806	8	42	83,42	45,5	-0,38
15	1998	2,300	14	56	102,08	52,5	0,35
16	1999	0,603	4	60	123,33	60	0,00
17	2000	0,709	9	69	147,33	68	0,08
18	2001	0,437	4	73	174,25	76,5	-0,27
19	2002	0,437	4	77	204,25	85,5	-0,59
20	2003	0,019	1	78	237,50	95	-1,10
21	2004	0,270	4	82	274,17	105	-1,39
22	2005	0,005	1	83	314,42	115,5	-1,83
23	2006	0,191	4	87	358,42	126,5	-2,09
24	2007	0,019	2	89	406,33	138	-2,43
25	2008	0,000	0	89	458,33	150	-2,85
26	2009	0,594	12	101	514,58	162,5	-2,71
27	2010	0,519	12	113	575,25	175,5	-2,61
28	2011	0,444	12	125	640,50	189	-2,53
29	2012	0,103	6	131	710,50	203	-2,70
30	2013	0,141	7	138	785,42	217,5	-2,84
31	2014	0,508	15	153	865,42	232,5	-2,70
32	2015	0,381	11	164	950,67	248	-2,72
33	2016	0,256	9	173	1041,33	264	-2,82
34	2017	0,585	19	192	1137,58	280,5	-2,62
35	2018	0,346	12	204	1239,58	297,5	-2,66
36	2019	0,010	3	207	1347,50	315	-2,94
37	2020	0,019	4	211	1461,50	333	-3,19

Tablo 4.5 $u'(t)$ fonksiyonu hesabı

Mann-Kendal Mertebe Korelasyon Testi							
Sıra	Yıl	Değer	n'	t'	$Var'(t)$	$E'(t)$	$u'(t)$
1	2020	0,019	0	0	0,00	0	0,00
2	2019	0,010	0	0	0,25	0,5	-1,00
3	2018	0,346	2	2	0,92	1,5	0,52
4	2017	0,585	3	5	2,17	3	1,36
5	2016	0,256	2	7	4,17	5	0,98
6	2015	0,381	4	11	7,08	7,5	1,32
7	2014	0,508	5	16	11,08	10,5	1,65
8	2013	0,141	2	18	16,33	14	0,99
9	2012	0,103	2	20	23,00	18	0,42
10	2011	0,444	7	27	31,25	22,5	0,80
11	2010	0,519	9	36	41,25	27,5	1,32
12	2009	0,594	11	47	53,17	33	1,92
13	2008	0,000	0	47	67,17	39	0,98
14	2007	0,019	3	50	83,42	45,5	0,49
15	2006	0,191	6	56	102,08	52,5	0,35
16	2005	0,005	1	57	123,33	60	-0,27
17	2004	0,270	9	66	147,33	68	-0,16
18	2003	0,019	5	71	174,25	76,5	-0,42
19	2002	0,437	13	84	204,25	85,5	-0,10
20	2001	0,437	14	98	237,50	95	0,19
21	2000	0,709	20	118	274,17	105	0,79
22	1999	0,603	20	138	314,42	115,5	1,27
23	1998	2,300	22	160	358,42	126,5	1,77
24	1997	0,806	22	182	406,33	138	2,18
25	1996	0,699	21	203	458,33	150	2,48
26	1995	0,428	13	216	514,58	162,5	2,36
27	1994	0,260	10	226	575,25	175,5	2,11
28	1993	0,664	23	249	640,50	189	2,37
29	1992	0,664	24	273	710,50	203	2,63
30	1991	1,240	28	301	785,42	217,5	2,98
31	1990	0,840	28	329	865,42	232,5	3,28
32	1989	0,806	28	357	950,67	248	3,54
33	1988	1,050	30	387	1041,33	264	3,81
34	1987	0,000	1	388	1137,58	280,5	3,19
35	1986	0,670	26	414	1239,58	297,5	3,31
36	1985	0,048	7	421	1347,50	315	2,89
37	1984	1,050	34	455	1461,50	333	3,19

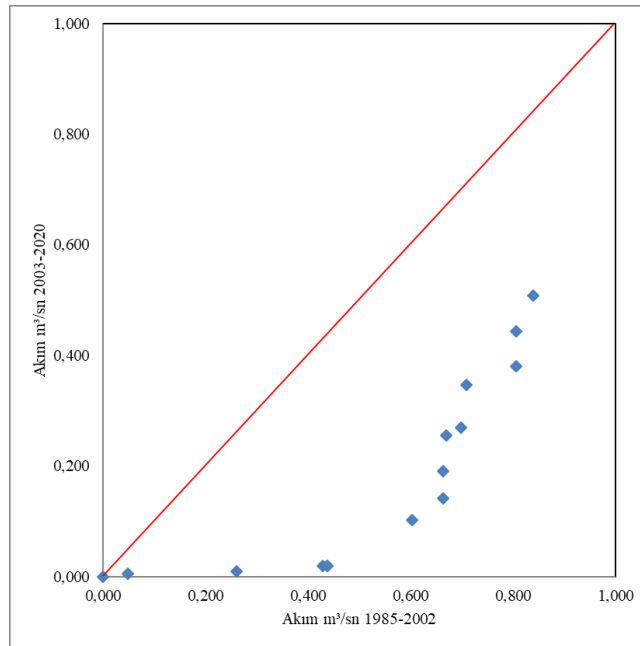
Elde edilen $u(t)$ ve $u'(t)$ test istatistiklerinin iki boyutlu bir grafik ile gösterilmesi sonucunda Şekil 4.31’de verilerin 2001 yılında çakıştıkları görülür ve trend başlangıç yılı olarak alınır.



Şekil 4.31 D13A014 numaralı örnek AGİ için $u(t)$ - $u'(t)$ grafiği

4.4.5 Şen’in Yenilikçi Trend Testi

Grafik incelendiğinde diğer testlerde elde olan sonuçların Şen’in Yenilikçi Trend Analiz Yöntemi ile de doğrulandığı görülmektedir. Test sonuçlarının ekseriyetle 45° lik trend olmayan bölge sınırını çizen doğrunun altında kaldığı böylece azalan trend olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.32 D13A014 (1985-2020) Şen (2012) metodu sonuçları

Grafik incelendiğinde tüm saçılım noktalarının 45° lik (1:1) çizgisinin altında kalması trendin şiddetini göz önüne sermektedir. Şen'in tanımladığı yöntemle göre tekdüze azalan bir trend olduğu görülmektedir. Sonuçlar diğer trend analiz yöntemleri ile teyit edilerek gerekli önlemlerin alınması noktasında ivedilikle hareket edilmesi tavsiye edilmektedir.

4.5 Batı Karadeniz Havzası Geneli Bulguların İrdelenmesi

Elde edilen bulgularla çalışma alanının kuraklık tehlikesine maruz alanları %95 anlamlılık düzeyinde trend durumları belirlenmiştir. Havza genelinde değerlendirme yapıldığında kuraklıkla ilgili genel durumun stabil yapıda olduğu görülmekte birlikte farklı lokasyonlarda belirli riskler ve fırsatlar gözlemlenmektedir. Alt havzalar arası ve havza içlerinde belirgin farklar oluşmasında meteorolojik olayların ve döngülerin etkili olduğu, havzaların konum, yükselti, bakı, topoğrafik yapı, jeolojik yapılarının farklı olması ve beşeri etkiler altında farklılaşmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Birbirine yakın bölgelerde farklı nehir kollarında yer alan gözlem istasyonlarında farklı trend eğilimlerinin gözlemlenmesi bu düşünceyi desteklemektedir.

Trendleri etkileyen meteorolojik faktörler sıcaklık, nem, yağış, rüzgâr hızı ve yönü vb. olarak sıralanabilir. Bu faktörlerden havzanın tüm bölgeleri aynı miktar ve şekilde etkilenmemektedir. Örneğin güneş ışınlarının düşme açısı kuzeye doğru gidildikçe azalmakta ve sıcaklık etkisi azalmaktadır. Havzada kuzeye doğru gidildikçe denizellik etkisinin artmasıyla nem ve yamaç yağışları etkili olmaktadır. Topoğrafik yapı havza genelinde farklılaşmaların en önemli sebeplerinden biri olarak görülmüştür. Kısa mesafelerde oluşan hızlı coğrafi değişimler iklim özelliklerinin de etkilenmesi ve değişmesine yol açmaktadır. Jeolojik yapı, yağışlarla yeryüzüne inen suyun yerüstü ve yer altı kaynağına dönüşmesi noktasında önemlidir. Akım gözlem istasyonlarında ölçülen verilerin akış verileri olduğu düşünüldüğünde akışa geçen suda değişiklik yapan her faktörün trend analiz sonuçlarını da etkilediği görülmektedir. İnsanlar tarafından suyun değerlendirilmesi ve kontrol edilmesi amacıyla yapılan her yapı doğal akım verilerinin farklılaşmasına yol açmaktadır. Trend oluşumları ve sebepleri özelinde yapılacak bir çalışma ile belirtilen faktörlerin havzaya etkilerinin detaylıca incelenmesi yerinde olacaktır. Bu çalışma kapsamında minimum akım verileri

kullanılarak trendler belirlenmiş ve trendlerin oluşma sebeplerinden ziyade olası sonuçları ve sonuçlara göre nasıl hareket edilmesi yönünde tespitler yapılmıştır.

Tablo 4.6 Batı Karadeniz Havzası geneli trend analiz sonuçları

AGİ No	Spearman'ın Rho Testi (Z)	Mann-Kendall Testi (Z)	Sen'in Yenilikçi Eğilim Yöntemi	Mann-Kendal Mertebe Korelasyon Testi	Sen'in Trend Eğim Metodu
D13A014	↓	↓	↓	Trend Başlangıcı 2001 Yılı	-0,017655
D13A015	→	→	→	Trend Yok	0,003749
D13A022	→	→	→	Trend Yok	0,000218
D13A032	↓	↓	↓	Trend Başlangıcı 1990 Yılı	-0,004546
D13A036	↗	↗	→	Artan Yönlü Eğilim	0,000707
D13A037	↘	↘	↓	Azalan Yönlü Eğilim	-0,001044
D13A040	↑	↑	↑	Trend Başlangıcı 1990 Yılı	0,009048
D13A045	↓	↓	↘	Trend Başlangıcı 1985 Yılı	-0,002946
D13A046	→	→	↘	Trend Yok	-0,000050
D13A049	↗	↗	↗	Artan Yönlü Eğilim	0,001393
D13A052	↘	↘	↘	Azalan Yönlü Eğilim	-0,021579
E13A002	↗	↑	↗	Artan Yönlü Eğilim	0,030780
E13A007	→	→	↗	Trend Yok	0,004062
E13A014	↓	→	↓	Trend Başlangıcı 2001 Yılı	-0,035045
E13A019	→	→	↘	Trend Yok	-0,000921
E13A027	↑	↑	↑	Trend Başlangıcı 1987 Yılı	0,006971
E13A031	→	→	↘	Trend Yok	-0,001516
E13A032	↗	↑	↑	Artan Yönlü Eğilim	0,002163
E13A034	→	→	→	Trend Yok	0,000019
E13A035	→	→	↓	Trend Yok	-0,073315
E13A036	↓	↓	↓	Trend Başlangıcı 1990 Yılı	-0,136225
E13A040	→	→	→	Trend Yok	0,000000
E13A043	→	→	↗	Trend Yok	0,001407

 : Artan Trend
  : ArtanYönlü Eğilim
  : Trend Yok
  : Azalan Yönlü Eğilim
  : Azalan Trend

Günümüzde iklim özelliklerinin değiştiği bilimsel çalışmalarla kanıtlanmış ve tüm dünya tarafından benimsenmiş bir olgudur. Susuz dönemlerin daha uzun ve uzun bekleyişler sonucu gelen yağışların daha ani bir şekilde gerçekleştiği iklimsel olarak dengesiz bir döneme girilmiştir. Orta iklim kuşağında bulunan Türkiye’de de bu değişimin etkileri artık bariz bir şekilde görülmeye başlanmış ve iklim daha sıcak ve kurak bir hale gelmiştir. Tarımsal alanlarda sulama faaliyetleri daha fazla önem kazanmaktadır. Geçmiş yıllara göre kışlar o kadar sert geçmemekle birlikte bu durum

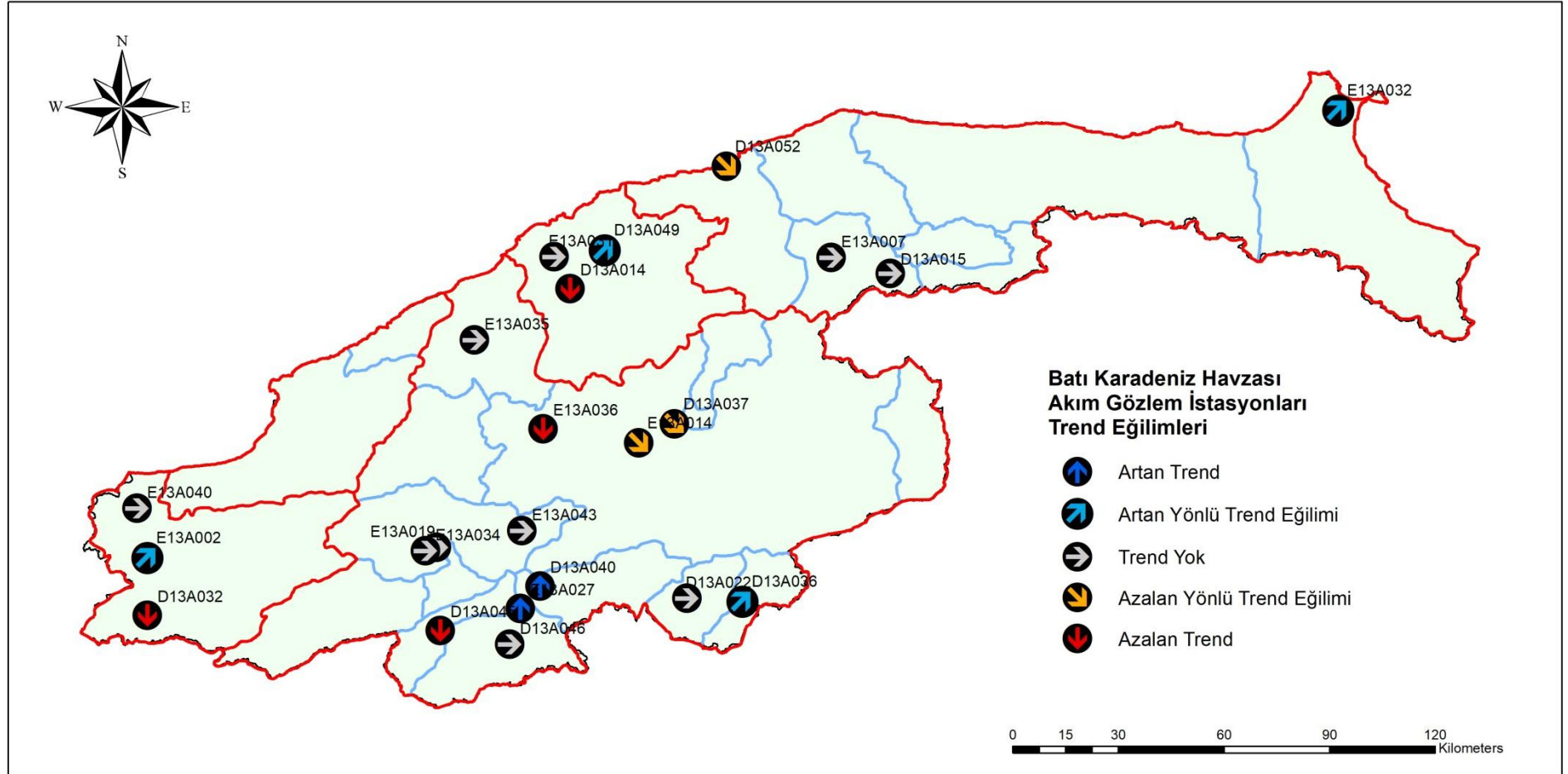
yağış miktarını, tipini ve rejimini de etkilemektedir. Biriktirme haznelerinde yıllar boyu su altında kalan alanlar görünür hale gelmeye başlamıştır. Bununla birlikte bazı lokasyonlarda ise su miktarlarının artış trendinde olduğu ve yeni fırsatlar doğurdu gözlemlenmiştir. Ekonomik getirisi daha yüksek ürünlerin tercih edilerek tarımdan elde edilecek gelirlerin artırılması buna örnek verilebilir. Bu değişimlere karşı tedbirler alınması ve fırsatların değerlendirilmesi gereği yadsınamaz ve ertelenemez bir hale gelmiştir.

Batı Karadeniz Havzasına ait çeşitli üst havzalarda çetin hava koşullarının daha ılıman bir hale gelmesinden ötürü minimum akım verilerinde lokal ve sınırlı bir artış görülmektedir. Kısa vadede bu artışların olumlu etkileri görülebilecek olsa da sıcaklık artışı da göz önüne alındığında bu durumun kalıcı olup olmadığının irdelenmesi gerekmektedir. Uzun vadede suyun azalması halinde kuraklık ve susuzluğun etkilerine karşı tedbirlerin şimdiden alınması gereği ortaya çıkmaktadır.

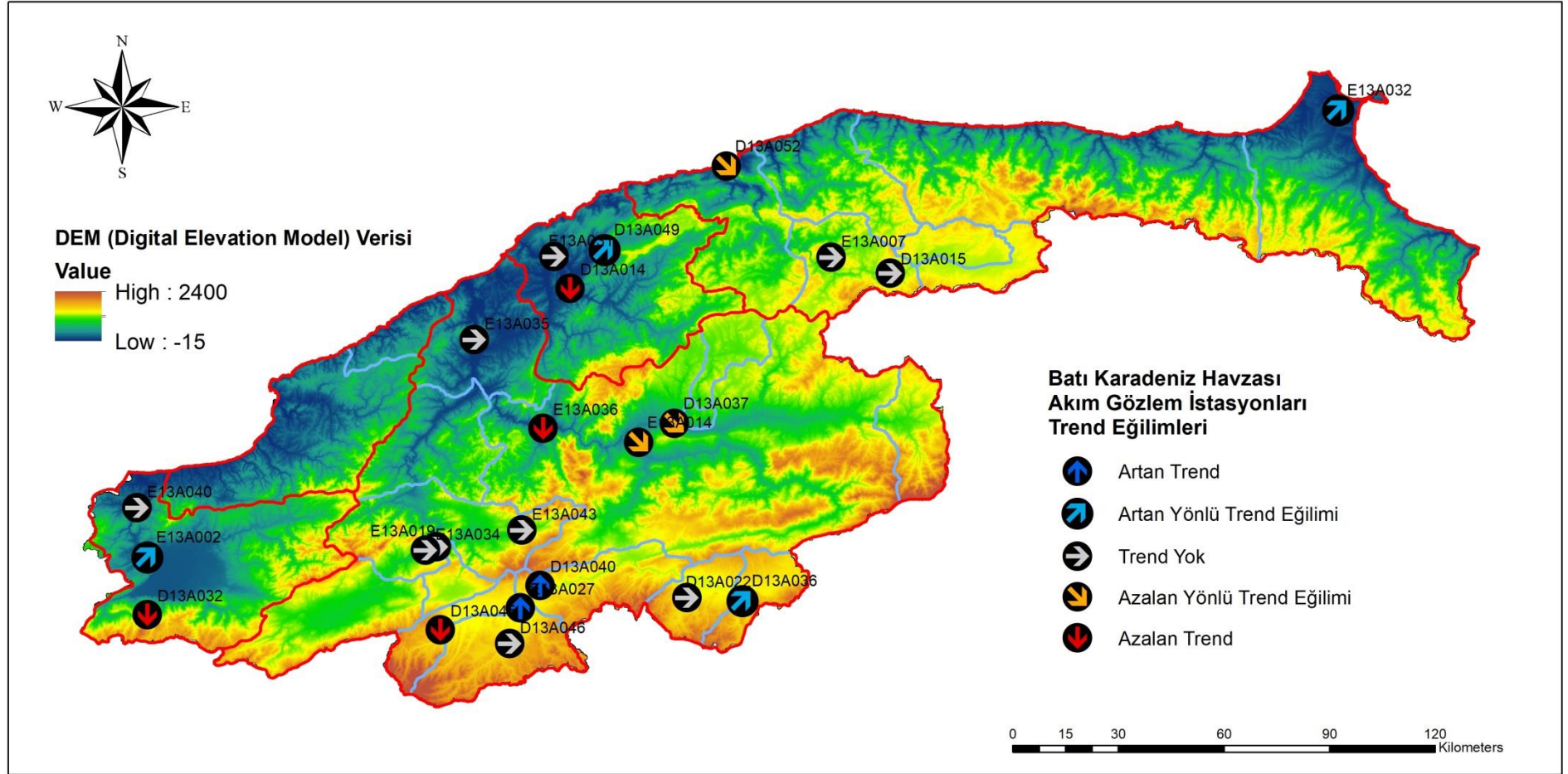
Akarsu akım verileri birçok parametreye bağlıdır. Bu çalışmada birbirine yakın lokasyonlarda farklı trenlerin ve eğilimlerin görülmesi geniş alanlar için tek tip bir planlama bakış açısının hatalı olacağını göstermiştir. Özellikle yeryüzü oluşumları, dağların konumları ve yükseltileri, akarsu yataklarının jeolojik yapısı farklılaşmaların temel sebepleri olarak görülmektedir.

Yapılan testler göz önüne alındığında Mann-Kendall ve Spearman Rho testlerinin bir trend varlığını işaret etmeleri ile birlikte sonuçların doğrulanabilmesi için başkaca analizlere de ihtiyaç olduğu görülmüştür. Bu sebeple Şen'in yenilikçi trend analiz yöntemi, Mann-Kendall Mertebe korelasyon yöntemi ve Sen'in trend eğim yöntemi çalışmaları desteklemek için analizlerde kullanılmıştır.

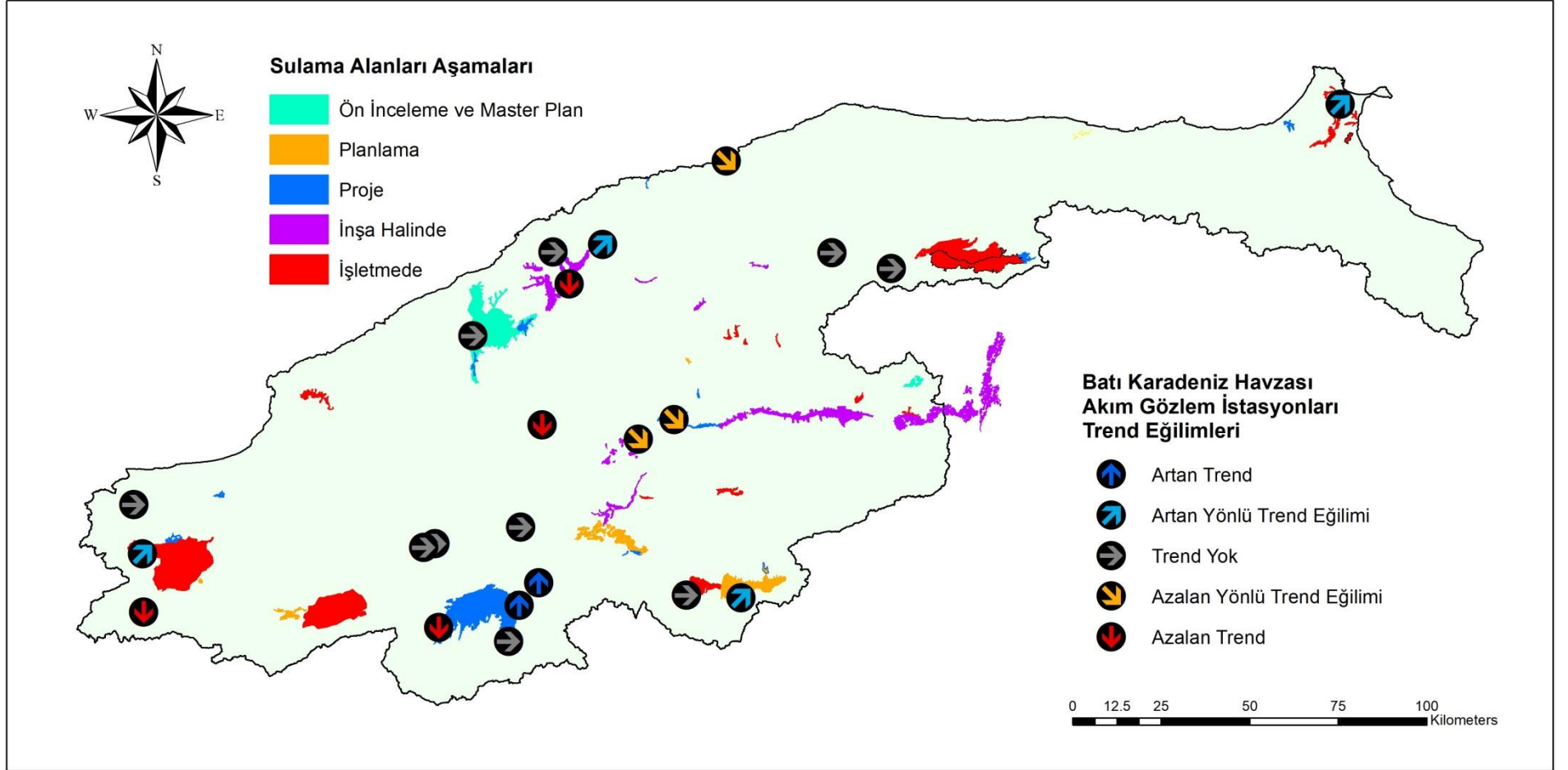
Tüm bu analizler ve çıkan sonuçlar suyun bugünlerde geçmişte hiçbir dönemde olmadığı kadar önemli bir hale geldiğini göstermektedir. Bu bilgiler ışında tedbirlerin amasız, fakatsız bir şekilde ivedilikle alınması gereği ortaya çıkmaktadır. Kamu, özel sektör temsilcileri, sivil toplum kuruluşları ve her bir ferdiyle halkımızın katılımıyla alınacak tedbirler yardımı ile susuzluğun ve kuraklığın yıkıcı etkilerini minimize etmek mümkündür.



Şekil 4.33 Batı Karadeniz Havzası trend eğilimleri



Şekil 4.34 Digital Elevation Model (DEM) verilerinin sulama alanları ile trend eğilimlerinin ortak gösterimi



Şekil 4.35 Sulama alanları ile trend eğilimlerinin ortak gösterimi

4.6 Alt Havzalar Kapsamında Bulguların İrdelenmesi

Tez çalışması çerçevesinde kuraklık etkisinin sahadaki karşılığını izlemek ve değerlendirmek maksadıyla önemli görülen alt havzalardan belirlenenler için örnekleme ve detaylandırma çalışmaları yapılmıştır. Aşağıda istasyon bölgeleri daha ayrıntılı olarak sulama alanlarına ait bitki deseni ve sulama alanları da göz önüne alınarak incelenmiştir.

Söz konusu alanlardan Devrekâni-Beyler ve Devrekâni-Kulaksızlar Alt Havzaları örneği için sulama alanları büyüklüğü, sulama alanı bitki deseni, kuru ve sulu tarım yapılması durumları için maksimum ve minimum verim değerleri, 2020 yılı için ürünlere ait taban ve tavan birim fiyatları bilgileri verilmiştir. Verilen bilgiler kullanılarak ortalama değerler üzerinden gidilmiş, sulama alanlarının tam kapasite kullanıldığı varsayımı ile sulu ve kuru tarım yapılması durumlarında elde edilecek ürün miktarları hesaplanmış ve ortalama ürün fiyatları üzerinden parasal karşılıkları belirlenmiştir. Su miktarında ortaya çıkan değişikliklerin ürün miktarlarına ve gelirlere etkisi değerlendirilmiştir. Diğer alt havzalar içinde benzer bir takım bilgiler verilmiş olup benzer çalışmaların söz konusu alt havzalarda yürütülebilmesi adına bir altlık hazırlanmıştır.

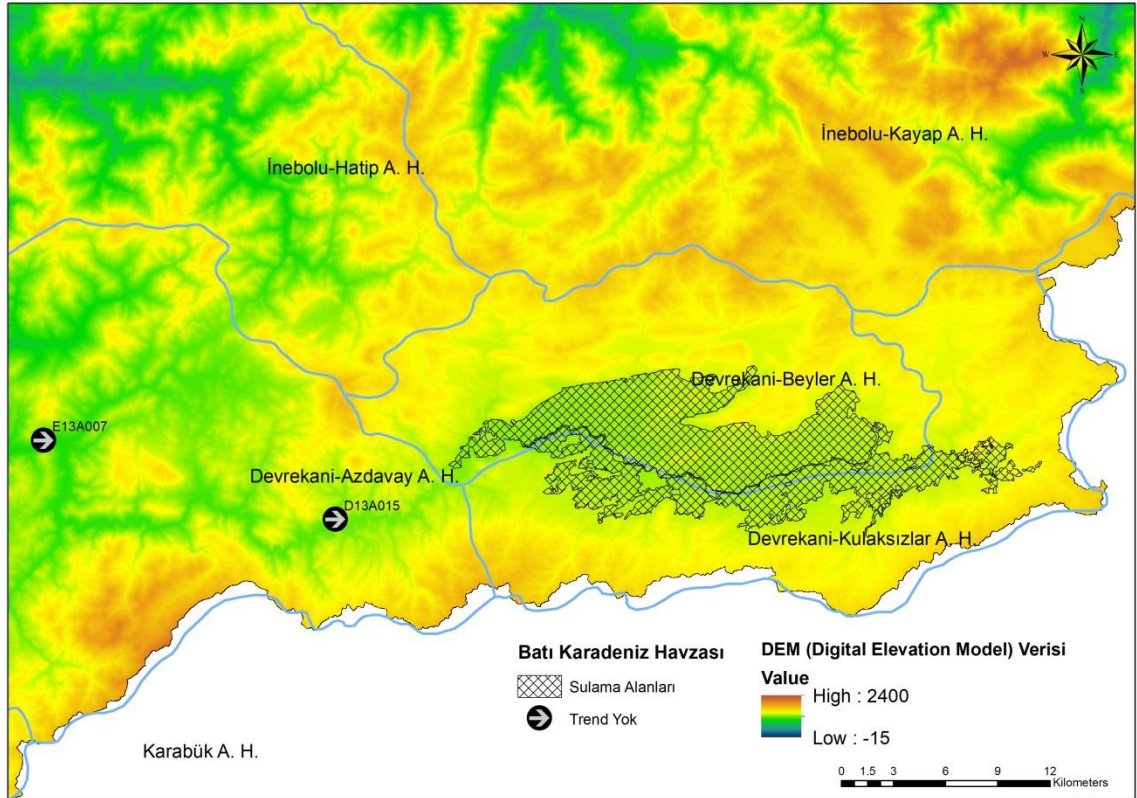
Bu kapsamda aşağıdaki tabloda verilen alanlar değerlendirilmeye tabi tutulmuştur.

Tablo 4.7 Detaylandırma çalışmaları yapılan alt havzalar

Sıra	Alt Havza İsmi
a)	Devrekâni-Beyler ve Devrekâni-Kulaksızlar Alt Havzaları
b)	Düzce-Efteni Alt Havzası
c)	Bartın Alt Havzası
d)	Karabük Alt Havzası
e)	Çerkeş-Akhasan ve Çerkeş-Hacılar Alt Havzaları
f)	Sinop Alt Havzası

Tabloda yer alan alanlar haricinde havzanın topyekûn değerlendirilebilmesi için başkaca alanlar içinde benzer çalışmaların yapılması yerinde olacaktır.

a) Devrekâni-Beyler ve Devrekâni-Kulaksızlar Alt Havzaları Detaylandırılması



Şekil 4.36 Devrekâni-Beyler ve Devrekâni-Kulaksızlar alt havzaları

Batı Karadeniz Havzasının önemli tarım alanlarını içeren Kastamonu ili sınırları içerisinde kalan Beyler Sulaması ve Kulaksızlar Sulamasını gösterir harita Şekil 4.36’ de görülmektedir. Kastamonu ilinin bir kısmı Batı Karadeniz Havzası sınırları içinde kalmakla birlikte diğer kısımlar Kızılırmak Havzası sınırlarına dâhildir. Beyler ve Kulaksızlar Sulamalarına yakın bir alt havza olan Devrekani-Azdavay Alt Havzası’nda yer alan istasyonlardan D13A015 ve E13A007 numaralı istasyonlarda trend analiz sonuçlarına göre herhangi bir trendin varlığı gözlemlenmemiş olmakla birlikte bölge ekonomisine katkıları dikkate alındığında Su Yönetimi Genel Müdürlüğü’nce yapılan çalışmaların sonuçlarına göre kuraklık riskinin detaylı değerlendirilmesinde yarar görülmektedir.

Batı Karadeniz Havzası sınırları içerisinde kalan Devrekâni Alt Havzası örneklemini için sulu ve kuru tarım yapılması durumları için gelir kaybı analizi kabaca aşağıda gerçekleştirilmiştir.

Sulama alanlarından Beyler Barajı Sulaması 5178 hektar net sulama alanına sahiptir. Beyler Barajı Sulamasında şebeke tipi klasik (trapez) tip olmakla birlikte salma (California) yöntemi ile sulama yapılmaktadır. Aşağıda Beyler Sulama Alanında yapılan tarımsal faaliyeti gösterir bitki deseni oranları verilmiştir.

Tablo 4.8 Beyler Sulaması bitki deseni (DSİ Bölge Müdürlüğü)

Ürün	Oran	Alan (da)
Şeker Pancarı	%82,74	42.842,77
Sebze	%0,03	15,53
Patates	%1,51	781,88
Soğan - Sarımsak	%0,01	5,18
Ayçiçeği	%1,43	740,45
Mısır	%12,79	6.622,66
Yem Bitkisi	%1,35	699,03
Meyve	%0,14	72,49
	%100,00	51.780,00

Kulaksızlar Barajına ait sulama alanı 5128 hektar alanı kaplamaktadır. Kulaksızlar Barajı Sulamasında ise borulu şebeke tipi kullanılmakta ve kapalı sistem yağmurlama yöntemi ile sulama yapılmaktadır. Aşağıda Kulaksızlar Sulaması alanında yapılan tarımsal faaliyeti gösterir bitki deseni oranları verilmiştir.

Tablo 4.9 Kulaksızlar Sulaması bitki deseni (DSİ Bölge Müdürlüğü)

Ürün	Oran	Alan (da)
Şeker Pancarı	%82,30	42.203,44
Patates	%1,87	958,94
Soğan-Sarımsak	%0,26	133,33
Ayçiçeği	%0,32	164,10
Mısır	%12,51	6.415,13
Yem Bitkisi	%2,66	1.364,05
Meyve	%0,08	41,02
	%100,00	51.280,00

DSİ Bölge Müdürlüğünden alınan verilerde görüldüğü üzere iki sulama alanında da sulama tesislerinin sağladığı imkânların değerlendirilmesi suretiyle yoğunluklu olarak şeker pancarı ve mısır üretimi gerçekleştirilmektedir. Sulama alanlarında ekimi yapılan ürünlerin alansal oranlarında yıllara göre aşırı değişiklikler oluşmamaktadır. Uzun yıllara ait ekim verileri incelendiğinde, suyun çok olduğu veya kurak mevsimlerde ürün veriminde dalgalanmalar oluşmasına rağmen yöre halkı tarafından alternatif ürünlere yönelim oluşmadığı görülmüştür. Sulama alanlarında %95 gibi önemli bir oranı temsil eden şeker pancarı ve mısır ürünleri üzerinden bir

değerlendirme yapılmıştır. Bunun için Kastamonu İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nden temin edilen sulu ve kuru tarım yapılması durumlarını içeren ürün verim değerleri ve ulaşılabilen en güncel veri olarak 2020 yılı birim fiyat bilgileri tablosu kullanılmıştır.

Tablo 4.10 Ürün verim ve birim fiyat listesi (Kastamonu İl Tarım ve Orman Müdürlüğü)

Tarım Ürünleri	Verim Değerleri (kg/da)				Birim Fiyatları (2020 Yılı)	
	Sulu Tarım		Kuru Tarım		(TL/kg)	
	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
Şeker Pancarı	4000	7000	2000	4000	0,30	0,40
Mısır	3500	8000	2000	4000	0,25	0,35

Sulama alanlarının kapasitesinin tamamının kullanılmadığı görülmüştür. Potansiyelin yeterince kullanılamamasının sebepleri irdelendiğinde köyden kente göçlerin artması sebebiyle toprağı işleyecek insan gücünün azalması ve artan çiftçilik maliyetleri göze çarpan başlıklar olmuştur. Yapılan analizde asıl amacın sulu ve kuru dönemlerin kıyaslanması olması sebebiyle tarım alanının %100 kapasite ile işlendiği varsayımı yapılmış ve elde edilecek gelir üzerinden gidildiği için maliyetler göz önüne alınmamıştır. Kastamonu İl Tarım ve Orman Müdürlüğü verilerinin ortalamaları alınarak hesaplar gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4.11 Sulu tarım yapılması durumu için gelir hesap tablosu

Sulama	Ürün	Oran %	Alan (da)	Sulu Tarım Verim Değeri (kg/da)	Sulu Tarım Ürün Miktarı (kg)	Ürün Birim Fiyatı (TL/kg)	Elde Edilen Gelir (TL)
Beyler Sulaması	Şeker Pancarı	%82,74	42.842,77	5500	235.635.235	0,35	₺ 82.472.332,25
	Mısır	%12,79	6.622,66	5750	38.080.295	0,30	₺ 11.424.088,50
Kulaksızlar Sulaması	Şeker Pancarı	%82,30	42.203,44	5500	232.118.920	0,35	₺ 81.241.622,00
	Mısır	%12,51	6.415,13	5750	36.886.997	0,30	₺ 11.066.099,25
							₺ 186.204.142,00

İki sulama alanında da sulu tarım yapılması durumunda elde edilecek gelir miktarı 2020 birim fiyatları ile 186.204.142,00 TL bulunmuştur.

Tablo 4.12 Kuru tarım yapılması durumu için gelir hesap tablosu

Sulama	Ürün	Oran %	Alan (da)	Kuru Tarım Verim Değeri (kg/da)	Kuru Tarım Ürün Miktarı (kg)	Ürün Birim Fiyatı (TL/kg)	Elde Edilen Gelir (TL)
Beyler Sulaması	Şeker Pancarı	%82,74	42.842,77	3000	128.528.310	0,35	₺ 44.984.918,50
	Mısır	%12,79	6.622,66	3000	19.867.980	0,30	₺ 5.960.394,00
Kulaksızlar Sulaması	Şeker Pancarı	%82,30	42.203,44	3000	126.610.320	0,35	₺ 44.313.612,00
	Mısır	%12,51	6.415,13	3000	19.245.390	0,30	₺ 5.773.617,00
							₺ 101.032.541,50

İki sulama alanında da kuru tarım yapılması durumunda elde edilecek gelir miktarı 2020 birim fiyatları ile 101.032.541,50 TL bulunmuştur.

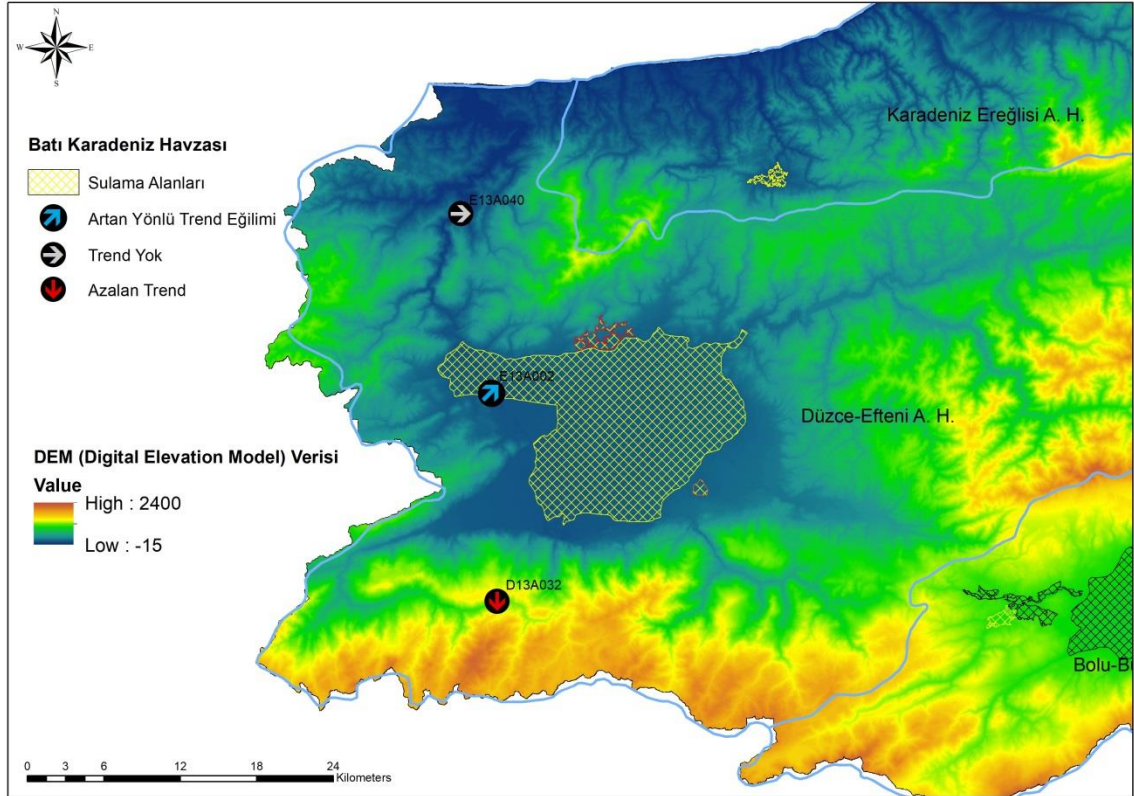
Sulu tarım yerine kuru tarım yapılması durumunda 85.171.600,50 TL ve %46 oranında önemli gelir kaybı yaşandığı görülmektedir. Toplamda bölgede yer alan 10306 hektar sulama için hektar başına yaklaşık 8.265,00 TL lik gelir kaybı oluşacaktır. Devrekâni ilçesi 2020 yılı toplam nüfusunun 12341 kişi olduğu göz önüne alındığında kabaca bir hesapla kişi başı gelir kaybının 6901,51 TL ve dört kişilik bir aile içinse 27.606,00 TL olduğu görülmektedir. İlçede tüm ailelerin tarımla geçinmediği düşünüldüğünde hane başına gelir kaybının matematiksel olarak daha da yüksek bir rakama tekabül edeceği görülmektedir.

Su miktarında %10 luk bir azalmanın meydana getireceği gelir kaybı 8.517.160,05 TL dir. Su kesintisinin bu seviyede yaklaşık 2 sene devam etmesi durumunda oluşacak gelir kaybı 17.034.320,10 TL olacaktır. DSİ 23. Bölge Müdürlüğüne 2021 yılında ihalesi gerçekleştirilen 2021/87936 ihale kayıt numaralı Kastamonu İnebolu Söku Gölet'i sözleşmesinin 14.754.840,00 TL bedel ile imzalandığı göz önüne alındığında su miktarındaki değişimlerin maliyetlerinin boyutları da somut bir örnek ile daha iyi anlaşılabilir.

Suyun bölge halkı ve ekonomisi için önemi açık bir şekilde görülmektedir. Suyun verimli kullanılması ve potansiyelinin korunması için gerekli politikaların ivedilikle hayata geçirilmesi ve tedbirlerin alınmasının önemi yapılan çalışmayla ortaya konulmuştur.

Beyler Barajı Sulamasında sıcaklık artışları ile oluşacak su kayıplarının en aza indirilmesi için klasik (açık) tip şebeke iletim yöntemi ve salma sulama yöntemleri yerine sulama sisteminin revize edilerek efektif bir kapalı sistem sulamaya geçilmesinde yarar görülmektedir.

b) Düzce-Efteni Alt Havzası Detaylandırılması



Şekil 4.37 Düzce-Efteni alt havzası

Düzce-Efteni Alt Havzası'nın ortalama rakımın olduğu bölgesinde artan yönlü bir eğilim gözlemlenmektedir. Üst havza kısmında D13A032 numaralı istasyonun olduğu kısımlarda azalan yönlü bir trend gözlemlenmekle birlikte Düzce Ovası Sulamasının olduğu bölgede eğilim yukarı yönlüdür. Düzce Ovası havzanın tarım potansiyeli açısından önemli bir bölgedir. Yağışların yoğun ve feyezanların sık görüldüğü aylar Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Nisan ayları olmakla birlikte sulama sezonu başlangıcı olarak Mayıs ayı kabul edilmektedir. Yağışların yeterli düzeyde gerçekleşmesi ile ovayı sulayan Hasanlı Barajının doluluk oranının maksimum seviyede olması durumunda sulanabilen net tarım alanı 11000 hektar ve sulama hattına verilebilecek su miktarı 7000 lt/sn olmaktadır. Düzce Ovası Sulamasında

klasik/kanalet şebeke tipi kullanılmakta ve salma (California) yöntemi ile sulama yapılmaktadır. Barajın %100 doluluk oranına sahip olması durumunda uygulanacak politikalara göre Düzce Ovası tarım alanları bitki deseni aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi olacaktır.

Tablo 4.13 Düzce Ovası normal koşullarda uygulanacak bitki deseni

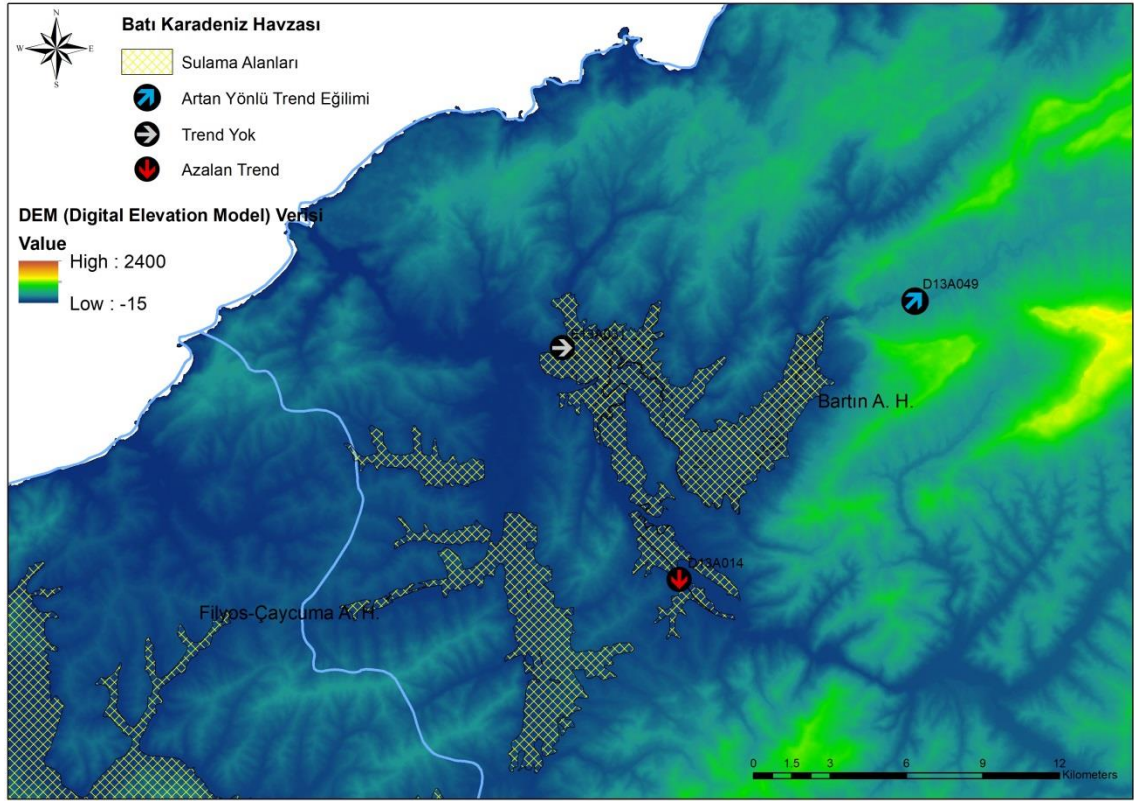
Birincil Ürün		İkincil Ürün	
Ürün	Oran	Ürün	Oran
Buğday	%1.21	Silajlık Mısır	%46.00
Fındık	%84.00	Sebze	%54.00
Dane Mısır	%6.14		
Arpa	%0.05		
Çeltik	%0.29		
Silajlık Mısır	%5.87		
Fiğ	%0.88		
Yonca	%0.53		
Sebze	%1.15		

Düzce Ovasının içerisinde olduğu bölgede yoğun bir kuraklık yaşanması ve nisan ayı itibariyle Hasanlı Barajının %40 doluluk oranına sahip olması durumunda ise ovada 5200 hektar alan sulanabilecek ve sulama hattına 2800 lt/sn su verilebilecektir. Sulama süresinin Mayıs-Ağustos ayları arasını kapsayacak şekilde daralacağı ve ovada ikincil ürün elde edilemeyeceği öngörülmüştür. Kurak yılda uygulanacak bitki deseni aşağıda görülmektedir. (Düzce Tarımsal Kuraklık Eylem Planı, 2018)

Tablo 4.14 Düzce Ovası kurak yılda uygulanacak bitki deseni

Birincil Ürün	
Ürün	Oran
Buğday	%40.00
Korunga	%10.00
Fiğ	%15.00
Arpa	%10.00
Fındık	%10.00
Kabak	%10.00
Ceviz	%5.00

c) Bartın Alt Havzası Detaylandırılması



Şekil 4.38 Bartın alt havzası

Bartın Alt Havzasında bölge için önemli olan Kozcağız Barajı Sulaması ve Kirazlıköprü Barajı Sulaması alanları yer almaktadır. Kozcağız Barajı Sulaması kapalı borulu sulama şebeke tipi ve damla+yağmurlama sulama yöntemi ile proje aşamasındadır. Proje tamamlandığında 2148 hektar alana sulama suyu verebilecektir. Sulama ile birlikte ekimi yapılması beklenen bitki deseni aşağıda verilmiştir.

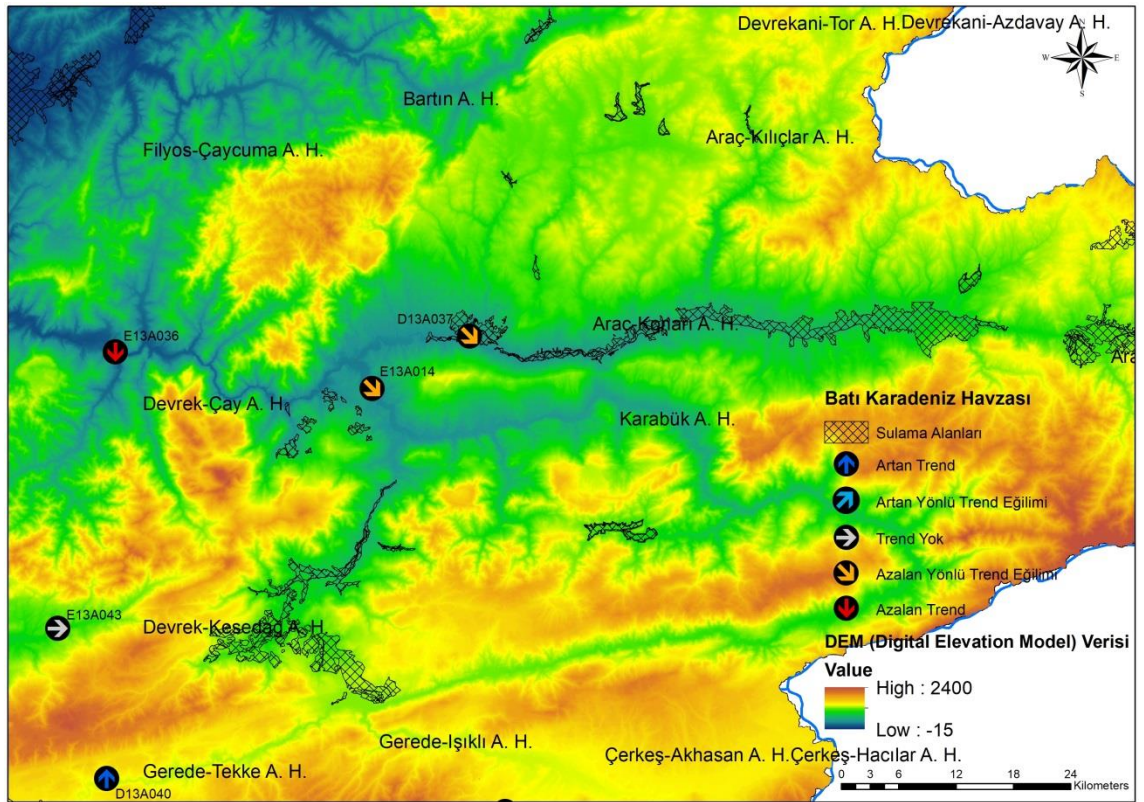
Tablo 4.15 Kozcağız Barajı Sulaması bitki deseni (DSİ Bölge Müdürlüğü)

Ürün	Oran	Alan (da)
Hububat	%20	4.296,00
Meyve	%5	1.074,00
Yonca	%8	1.718,40
Patates	%3	644,40
Mısır	%20	4.296,00
Fasulye	%5	1.074,00
Ayçiçeği	%6	1.288,80
Bostan	%6	1.288,80
Sebze	%19	4.081,20
Soğan	%3	644,40
Kavak	%5	1.074,00
	%100,00	21.480,00

D13A014 numaralı istasyonun bağı olduğu akarsu kolunda azalan yönlü trend tespit edilmiştir. Planlama raporlarının ilerleyen zamanlarda yeniden gözden geçirilmesi gerekebilecektir.

Kirazlıköprü Barajı sulama amacı yanında enerji üretimi faydası sağladığı için bölge için önemli bir tesistir. Sulama alanı 2755 ha olup kapalı tip borulu sulama şebeke tipi ve damla+yağmurlama sulama yöntemine göre projelendirilmiştir. Baraj işletmeye alınmış olup sulama tesisi imalatları devam etmektedir.

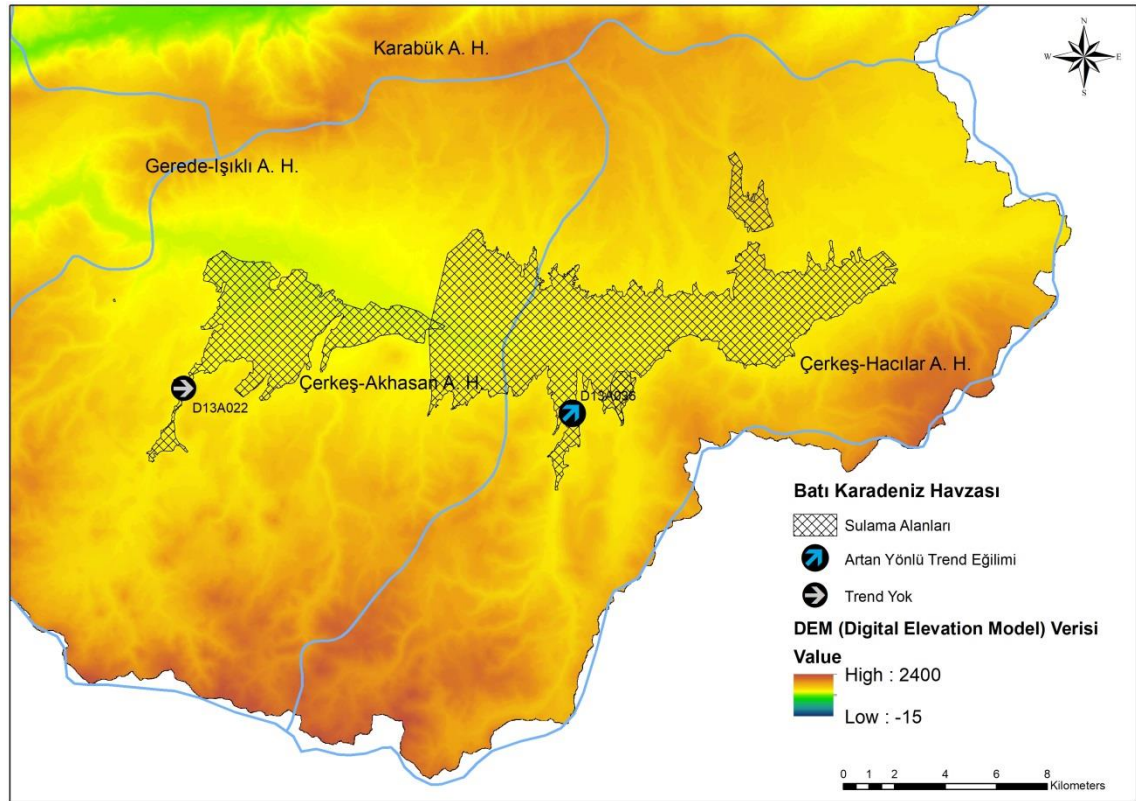
d) Karabük Alt Havzası Detaylandırılması



Şekil 4.39 Karabük alt havzası

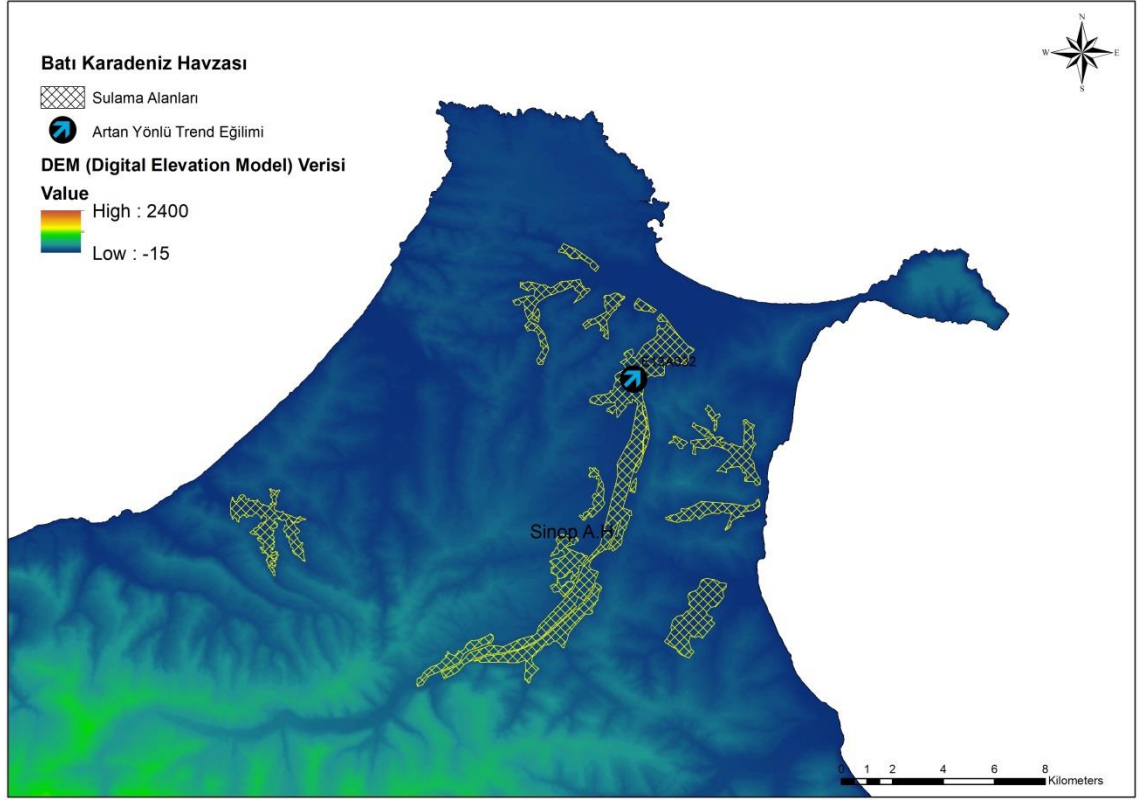
Karabük Alt Havzası içerisinde bölge için önemli sulama projeleri yer almaktadır. Aldeğirmen Barajı, Filyos Araç Barajı Sulaması, Düzçam Göleti Sulaması, Hatipoğlu Göleti Sulaması, Hanköy Regülatörü Sulaması, Yazıboyu Göleti Sulaması, Adiller Göleti Sulaması, Bulduk Sulaması, Deresemail Sulaması, Tuzaklı Göleti Sulaması, Gökgez Göleti Sulaması, Safranbolu Acısu Göleti Sulaması belli başlı önemli sulama projeleridir. Üst havzalarda yukarı yönlü trendlerin gözlemlenmesi gelecek için ümit

verici olsa da E13A014 ve D13A035 numaralı istasyonlardaki aşağı yönlü ve E13A036 numaralı istasyonda gözlenen azalan trendler tedbirlerin erkenden alınması için önemli bir işarettir.



Çerkeş Akhasan ve Hacılar Alt Havzalarında yer alan Akhasan Barajı Sulaması, Hacılar Barajı Sulaması, Saçak Göleti Sulaması, Dikenli Göleti Sulaması, Atkaracalar Göleti Sulaması bölgelerinde su potansiyelinin geçmiş yıllara göre çokça değişmediği stabil bir seyir izlediği görülmektedir. Tesislerden sadece Akhasan Barajı Sulaması işletme safhasında bulunmaktadır. Saçak Göleti Sulamasının proje aşamasında olması Hacılar Barajı Sulaması, Dikenli Göleti Sulaması ve Atkaracalar Göleti Sulaması'nın planlama aşamalarında olduğu göz önüne alındığında alt havzanın potansiyeli görülebilmektedir. Ekonomik ve sosyokültürel açıdan bölge gelişime açık bir yapıdadır.

f) Sinop Alt Havzası Detaylandırılması



Şekil 4.41 Sinop alt havzası

Sinop Alt Havzası sınırları içerisinde proje aşamasında olan Balıfakı Göleti ve Sulaması, işletme safhasında olan Karasu Ovası Sulaması ve Tasmanlı Göleti Sulaması Sinop ili için önemli tarım alanlarıdır. Balıfakı Göleti ve Sulaması damla+yağmurlama sulama yöntemiyle işletilecektir. Karasu Ovası Sulaması salma+yağmurlama yöntemi ile sulanmaktadır. Taşmanlı Göleti ise salma (California) yöntemi ile işletilmektedir. Bölgede yer alan E13A032 numaralı istasyon analiz sonuçlarına göre minimum akımlarda artan yönlü bir eğilim tespit edilmiştir. İlerleyen zamanlarda ekonomik getirisi daha yüksek ve bölge iklimine uygun olan çeltik vb. ürünlere yönelinmesinde yarar görülmektedir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada, Batı Karadeniz Bölgesi'nde kayıtları tutulmuş olan 126 adet akım gözlem istasyonu içerisinde son 40 yıllık verileri elverişli bulunan 26 adet gözlem istasyonu kuraklık etkisinin değerlendirilmesi için seçilmiştir. Seçilen istasyonlara ait minimum akımlar orijinal kaynaklardan detaylıca incelenerek derlenmiştir. Seçilen 26 istasyona ait veriler çalışmaya dâhil edilmeden önce eksik verilerin tamamlanması amacıyla Regresyon Denklemi yöntemi ile analiz edilmiştir. Yapılan incelemeler sonucu D13A021, D13A039 ve D13A050 numaralı istasyonlar çalışma kapsamında çıkarılmıştır. Eksik verileri tamamlanmış olan 23 istasyona ait minimum veriler trend analizlerine tabi tutulmuştur.

Trendleri tespit etmek amacıyla parametrik yöntemlerden ziyade akım verilerinde normalite, lineerlik ve bağımsızlık gibi varsayımları göz önünde bulunduran Mann-Kendall testi, Spearman'ın Rho testi, Şen'in yenilikçi trend analiz testi ve Sen'in Trend Eğim metodu kullanılmıştır. Tespit edilen trendlerin başlangıç yıllarını belirlemek için ise Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi kullanılmıştır. Analiz sonuçları Batı Karadeniz Havzası'nda yer alan sulama alanları ile karşılaştırılarak irdelenmiş ve kuraklık tehdidi göz önüne alınarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- D13A014, D1A032 ve E13A036 numaralı istasyonlarda tüm analiz yöntemlerine göre azalan trendler tespit edildi. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi sonuçlarına göre D13A014 numaralı istasyonda 2001 yılı, D13A032 numaralı istasyonda 1990 yılı ve E13A036 numaralı istasyonda da 1990 yılı trend başlangıç yılı olarak bulunmuştur.
- D13A045 ve E13A014 numaralı istasyonlarda yapılan analizlerde azalan yönlü trend olduğu sonucuna varılmıştır. İki istasyon içinde yapılan analizlerin bir kaçında farklı sonuçlar elde edilmiş ancak çalışma kapsamında kullanılan yöntem sonuçları bütünlük olarak incelendiğinde azalan yönlü bir trend olduğu tespit edilmiştir. D13A045 numaralı istasyonda trend başlangıç yılı 1985 ve E13A014 numaralı istasyonda 2001 yılı olarak bulunmuştur.

- D13A037 ve D13A052 numaralı istasyonlarda azalan yönlü eğilimler gözlemlendi. Trend analizi sonuçları kritik değerlerin altında kalmıştır. Ancak azalan yönlü trend oluşumunu işaret eden ciddi sonuçlara ulaşılmıştır. İlerleyen süreçte su kıtlığı ve buna bağlı kuraklık yaşama riski giderek artan bu alanlar için politika yapıcıların ekstra çaba göstermesinde fayda görülmektedir.
- D13A015, D13A022, D13A046, E13A007, E13A019, E13A031, E13A034, E13A035, E13A040 ve E13A043 numaralı istasyonlarda minimum akımlarda anlamlı bir trende tespit edilmemiştir.
- D13A036, D13A049, E13A002 ve E13A032 numaralı istasyonlarda analiz sonuçlarına göre artan yönlü eğilimler görülmüştür. Analizler sonucu elde edilen test istatistikleri artan yönlü trend varlığı için belirlenen sınır değerlerin altında kalmıştır. Ancak çıkan sonuçlar bu sınır değerlere yakınsamıştır.
- D13A040 ve E13A027 numaralı istasyonlarda tüm analiz sonuçlarına göre artan trendler tespit edilmiştir. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi sonuçlarına göre D13A040 numaralı istasyonda 1990 yılı ve E13A027 numaralı istasyonda ise 1987 yılı trend başlangıç yılı olarak bulunmuştur.

Batı Karadeniz Havzası'nda yer alan tüm akım gözlem istasyonlarından uygun görülenler için yapılan analizlerde elde edilen sonuçlar kuraklık etkisinin değerlendirilebilmesi için sulama alanları ile karşılaştırılmıştır. Sulama alanları ve çalışılan akım gözlem istasyonlarının aynı lokasyonda bulunduğu durumlar için aşağıda yer alan tespitler yapılmıştır;

- Devrekani-Gerze Havzasının alt havzaları olan Devrekani-Beyler Alt Havzası ve Devrekani-Kulaksızlar Alt Havzası'nın olduğu bölgede yıllık minimum akımlarda anlamlı bir trend gözlenmemiştir. Alt havzalarda yer alan Beyler ve Kulaksızlar sulama alanları için kuraklık etkisinin artmakta ya da azalmakta olduğu söylenemez.
- Melen Çayı Havzasının bir alt havzası olan Düzce-Efteni Alt Havzası'nda rakımın yüksek olduğu üst havza bölgesinde azalan trend ve kıyı

kesimlerde ise artan yönlü eğilim tespit edilmiştir. Düzce Ovası'nın üst havzaya yakın konumlanan tarım alanlarının kuraklık riskinde bir artış tespit edilmiştir. Havzanın alt kesimlerinde ise kuraklık riskinin azalmakta olduğu görülmüştür.

- Bartın Alt Havzası'nda farklı yan kollarda yer alan akım gözlem istasyonlarında çeşitli sonuçlar elde edilmiştir. D13A014 numaralı istasyonun olduğu kısımda azalan trend tespit edilmiştir. Kirazlıköprü sulamasının D13A049 numaralı istasyona yakın olan bölgelerinde ise artan yönlü bir eğilim vardır ve kuraklık riski azalmaktadır.
- Filyos Havzasının bir alt havzası olan Karabük Alt Havzası'nın orta kesimlerinde D13A037 ve E13A014 numaralı istasyonlarda azalan yönlü eğilim ve E13A036 numaralı istasyonda ise azalan trend tespit edilmiştir. Alt havzanın orta kesimleri için kuraklık riski artmaktadır.
- Filyos Havzası'nın üst kesimlerinde yer alan Çerkeş-Akhasan ve Çerkeş-Hacılar Alt Havzaları'nın olduğu bölgelerde Çerkeş-Akhasan Alt Havzası'nda yıllık minimum akımlarda anlamlı bir trend gözlenmemiştir. Alt havzada yer alan sulama alanları için kuraklık etkisinin artmakta ya da azalmakta olduğu söylenemez. Çerkeş-Hacılar Alt Havzası'nda ise minimum akımlarda artan yönlü eğilim tespit edilmiştir. Alt havzada kuraklık riskinin azalmakta olduğu görülmüştür.
- Devrekani-Gerze Havzası'nın bir alt havzası olan Sinop Havzası'nın olduğu bölge için yıllık minimum akımlarda artan yönlü bir eğilim gözlemlenmiştir. Havzada yer alan Balıfakı Sulaması, Karasu Ovası Sulaması ve Tasmanlı Sulaması alanları için kuraklık riskinin azaldığı tespit edilmiştir.

5.2 Öneriler

Batı Karadeniz Havzası'nda kuraklık etkisinin değerlendirilmesi amacıyla yapılan bu çalışmada Karabük Alt Havzası'nın orta kesimlerinde, Düzce Ovası'nın üst havzaya yakın kısımlarında ve Kirazlıköprü sulamasının bir kısmında kuraklık riskinin artmakta olduğu görülmüştür. Bu bölgelerde kuraklık riskinin azaltılması için uygun görülen tedbirler aşağıda verilmiştir.

- Doğru tarım uygulamalarının geliştirilmesi ve desteklenmesi, su kullanımında önemli bir paya sahip olan sulama suyunda tasarrufa gidilmesini sağlayacaktır. Salma sulama yöntemi yerine damlama, mikro yağmurlama vb. daha etkili ve tasarrufu yüksek sulama yöntemlerine geçilmesi için politikalar üretilmeli ve destekleme paketleri oluşturulmalıdır. Sulama yapan kişi, kurum ve organizasyonlara eğitim ve uygulamaya yönelik öğretimlerin yapılması gerekmektedir.
- Tarımsal faaliyetlerde her bitkinin farklı su gereksinimleri bulunmaktadır. Bitkiler için optimum su miktarları bilimsel veriler ışığında belirlenmeli tarım alanlarının doğal yollarla aldıkları su miktarından arta kalan fark göz önünde bulundurularak ideal miktardaki su tarım alanlarına verilmelidir. Yeterli miktarda ve doğru bir şekilde su kullanımı için gerekli eğitim faaliyetleri düzenlenmeli ve çiftçilere uygulamalı eğitimler verilmelidir.
- Sulama suyunun gündüz sulamalarında buharlaşması ve efektif etkisinin azaldığı düşünüldüğünde uygun bitki türlerinde gece sulamasına geçilmesi konusu irdelenmelidir. Bu durumu teşvik edebilmek adına gece su kullanımında fiyatlandırmanın daha avantajlı hale getirilmesi yarar sağlayacaktır.

Mühendisliğin temel prensipleri olan ekonomiklik, estetik ve emniyet koşullarının her biri için sınırları daha net çizebilmemiz için ülkemiz genelinde yapılan su yapılarının plan ve etüt aşamalarında trend testlerinin yapılması faydalı görülmektedir. Su kaynaklarının değerlendirilmesi yönünde bu tür çalışmaların bir ülke politikası haline getirilmesi, gelecekte de havzada trend analizi yada diğer yöntemlerle kuraklığın

yönünün ve değer tahminlerinin ve bununla ilgili çalışmaların yapılması yerinde olacaktır.

Yağışların miktarını ve yağış şeklini etkileyemesek de biriken suyun daha akılcı bir şekilde sarf edilmesi bizim elimizdedir. Çalışma kapsamında akım gözlem istasyonu minimum akım verileri trend analizlerine tabi tutulmuş ve sulama alanları ile karşılaştırılarak bölgesel yorumlarda bulunulmuştur. Kuraklığın önlenmesi için su tasarrufunun önemi hayati bir rol oynadığı için bir takım tedbirler düşünülmüştür. Genel olarak alınması gereken tedbirler aşağıda da belirtilmektedir.

- Batı Karadeniz Havzası için yapılmış olan çalışmamızda kuraklıkla ilgili verilerin düzenli ve planlı bir şekilde tutulmasının önemi tekrar görülmüştür. Eksik verilerin bilimsel yöntemlerde tamamlanması gerektiği ancak verilerin tamamlanırken fiiliyatta oluşan koşulları ve veri değerlerini birebir yakalamanın mümkün olmadığı düşünüldüğünde sahada bu verilerin düzenli tutulmasının doğru değerlerle çalışmada kesin çözüm olduğu anlaşılabacaktır. Sahanın kuraklık yönünden gerektiği şekilde incelenebilmesi için akım değerleri, yağış, sıcaklık, nem vb. verilerin tutulmasında görevli olan Devlet Su İşleri ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü gibi kurum ve kuruluşların gerekli yatırım, işletme ve bakım, raporlama çalışmalarını yapması gerekmektedir.
- Havzada suyun yönetimi ile ilgili planlamalar bu konuda yetkili tüm kurumların katılımı ile kapsamlı bir şekilde yapılmalı ve mevcut çalışmalar tekrar değerlendirilip güncel durumlara göre iş ve işlemlere devam edilmesi sağlanmalıdır. Tespit edilen riskli alanlar için tasarruf, eğitim, yeni tesis yapımı, mevcut tesislerin rehabilitasyonu, master plan, ön inceleme, planlama ve proje aşamalarındaki tesislerden önemli görülenlerin bir an önce yapım ihalesinin yapılması ve sonrasında işletme aşamasına getirilmesi sağlanmalıdır.
- Suyu depolayacak tesislerin tasarımları yapılırken bilimsel çalışmalarla tespit edilen kuraklıkla ilgili riskler de göz önüne alınarak depolama tesislerinin kapasite ve diğer yapısal özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir.

- Suyun tutulması ve depolanması kadar kullanımı da çok önemlidir. Suyun kullanılması ile ilgili izleme ve kontrollerin günümüz teknolojilerinden yararlanılarak anlık olarak takip edilmesi gerekmekte ve olası riskler göz önünde bulundurularak acil durum planları oluşturulmalıdır.
- Depolanan suyun kayıp ve kaçak yönünden takip edilmesi, yapısal ve işletmeye dönük izleme, kontrol ve önerilerin oluşturulması gerekmektedir. Sulama sistemlerinin revizyon edilmesi, işletme ve bakımlarının titizlikle yapılması sağlanmalıdır. Sulama sistemlerinin projelendirilirken açık tip sulama yerine kapalı tip sulama sistemi tercih edilmesi gerekmektedir. Mevcutta işletmede olan kanalet, iletim kanalı gibi açık tip sulama sistemlerinin de revize edilerek kapalı sisteme dönüştürülmesi buharlaşma, olumsuz beşeri dış etkilere maruziyet gibi etkilerden korunulmasını sağlayacaktır.
- Ev ve işyerlerinde kullanılan sular su kullanımında önemli bir yere sahiptir. Milyonlarca insanın her gün sudan yararlandığı ve kullandığı düşünüldüğünde küçük gibi gözüken önlem ve tedbirlerle tasarruf edilen su miktarının yekûnda büyük rakamlara tekabül ettiği görülecektir. Evlerimizde ve iş yerlerinde suyun doğru kullanım şekillerinin kamu spotları, radyo yayınları, televizyon reklam ve programları, afişler vb. yöntemlerle halka benimsetilmesi gerekmektedir.
- Sanayi üretiminde su gıda, tekstil ve kimyasal ürün imalatı sektörleri başta olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. Sanayide kullanılan proses suyunu minimize etmek için üretim aşamaları tekrar gözden geçirilmeli suyun daha etkili kullanılması yönünde gerekirse teknoloji yenileme yatırımları yapılmalıdır.
- Mevcut sularımızın kirlenmesini önlemek amacıyla atık sular arıtmadan doğaya salınmamalı ve arıtma, bertaraf etme tesislerinin sayısının artırılması sağlanmalıdır. Yapılan arazi araştırmalarında görülmektedir ki köylerin büyük bir çoğunluğunda evsel ve hayvansal çöpler dere yataklarına atılmaktadır. Organik ve inorganik olarak her türden oluşan bu çöpler sularımızın

mikrobiyolojik açıdan kirlenmesi tehdidini doğurmaktadır. Köylerimize yöre insanının ihtiyacını karşılayacak nitelikte çöp konteynerleri temin edilmesi ve her gün gidilemese bile belirlenen aralıklarla çöplerin toplanmasının sağlanması gerekmektedir.

- Zirai alanlarda faaliyet gösteren tüm kamu ve özel sektör temsilcilerinin de katılacağı bir çalışma ile bölge için kurak ve sulak mevsim durumlarında tercih edilmesi gereken bitki türlerinin belirlenmesi yerinde olacaktır. Su tüketimi ve arzı göz önünde tutularak bitki desenine kadar verilmelidir. Böyle bir çalışma için tüm tarım alanlarındaki toprak yapısının ve mineralojik içeriklerinin tespit edilmesi, iklimsel gelişmelerin ve arz talep dengesinin göz önüne alınmasıyla sürdürülebilir bir organizasyon oluşturulması bundan sonra yapılacak projelere de örnek olabilecektir.
- Havza genelinde ağaçlandırma çalışmaları ile nemlilik koşullarının artırılması ve erozyonun önlenmesi yağmur hasadının artırılması yönünde alınabilecek alternatif tedbirlerdir. Uzun süreli ve planlı ağaçlandırma çalışmaları ile tarımsal alanlarda nem oranı artırılarak ve erozyon önlenerek suyun tutulması çalışmaları yapılmalıdır.
- Güneş ışınlarının baraj ve göletlerdeki suyu buharlaştırması sebebiyle tesisler kapasitelerinden daha düşük bir fayda sağlayabilmektedir. Dünyada baraj ve gölet gibi depolamalı su tesislerindeki buharlaşmayı önlemek amacıyla polietilen yüzen topların rezervuara döküldüğü örnekler vardır. İlerleyen yıllarda su kaybının tahammül edilemez seviyelere gelmesi durumunda bu yöntem de düşünülebilir. Yeraltı barajları ve yeraltı depolamaları da suyu yeryüzünün akifer tabakasında depolayabilen ve buharlaşma etkisinden korunmada yararlanılabilecek tesislerdir.
- Sulama, içme ve diğer su kullanımlarının talep durumları göz önünde bulundurularak iletim kapasitesi yönünden ihtiyaç duyulan suyun sağlanıp sağlanamayacağı yönünden bu konuların risk değerlendirmelerine tabii tutulması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Akçay, F. (2018). *Doğu Karadeniz Havzası Aylık ve Yıllık Ortalama Akımlarının Eğilim (Trend) Analizi*. Trabzon: Yüksek Lisans Tezi.
- Aksay, C.S, Ketenoğlu O., Kurt L. (2005). Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. *Selçuk Üniversitesi Fen Edebiyat Fak. Fen Dergisi*, Volume 25, Pages 29-41.
- Alzarouq Albaqoul, A. (2022). Meteorological and Hydrological Drought Analysis of Sınop, Kastamonu, Bartın Provinces in The Western Black Sea. *Yüksek Lisans Tezi*.
- Birsan, M.-V., Molnar, P., Burlando, P., & Pfaundler, M. (2005). Streamflow trends in Switzerland. *Journal of Hyrdology*, Volume 314, Pages 312-329.
- Bonaccorso, B., Bordi, I., Rossi, G., & Sutera, A. (2003). Spatial Variability of Drought: An Analysis of the SPI in Sicily. *Water Resources Management*, 17: Pages: 273-296.
- Bulut, H., Yeşilata, B., & Yeşilnacar, M. (2006). Atatürk Baraj Gölünün Bölge İklimi Üzerine Etkisinin Trend Analizi İle Tespiti. *GAP V. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı*, (s. 1: Pages: 79-86). Şanlıurfa.
- Burn, D., Sharif, M., & Zhang, K. (2010). Detection of trends in hydrological extremes for Canadian watersheds. *Hydrological Processes*, Volume 24, Pages 1781-1790.
- Conrad, V. ve Pollak, L.W., (1950). *Methods in Climatology*, Harvard University Press, Cambridge, Page 440s.
- Cıgızoğlu, H., Bayazıt, M., & Önöz, B. (2004). Trends in the Maximum Mean and Low Flows of Turkish Rivers. *Journal of Hydrometeorology*, 6, Pages: 280-290.
- Çeliker, M., Yükseler, U., & Dursun, Ö. (2021). Trend analyses for discharge-recharge of Tacin karstic spring (Kayseri, Turkey). *Journal of African Earth Sciences*, Volume 184, 104344.
- Çeribaşı, G. (2018). Batı Karadeniz Havzasının Yağış Verilerinin Yenilikçi Şen Yöntemi İle Analizi. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 6-3, Pages: 168-173.
- Çoban, E. (2013). *İklim Değişikliğinin Türkiye Genelindeki Yağış Eğilimlerine Etkisinin Araştırılması*. Isparta: Yüksek Lisans Tezi.
- Dabanlı, İ., Şen, Z., Yeleğen, M., Şişman, E., Selek, B., & Güçlü, Y. (2016). Trend Assessment by the Innovative-Şen Method. *Water Resour Manage*, 30: Pages: 5193–5203.
- Dou, L., Huang, M., & Hong, Y. (2009). Statistical Assessment of the Impact of Conservation Measures on Streamflow Responses in a Watershed of the Loess Plateau, China. *Water Resources Management*, 23: Pages: 1935-1949.
- Douglas, E., Vogel, R., & Kroll, C. (2000). Trends in floods and low flows in the United States: impact of spatial correlation. *Journal of Hydrology*, 240, Pages: 90-105.

- Dracup, J., Lee, K., & Jr., E. (1980). On the definition of droughts. *Water Resources Research*, Vol. 16: Pages:297-302.
- (2018). *Düzce Tarımsal Kuraklık Eylem Planı*. Düzce: DİTOM.
- Elmalı, M. (2019). Türkiye Akarsu Havzalarındaki Yıllık Ortalama Akımların Trend Analizi. *Yüksek Lisans Tezi*.
- Ercan, B., & Yüce, M. (2017). Trend Analysis of Hydro-Meteorological Variables of Kızılırmak Basin. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6: Pages: 333-340.
- Erilli, N. (2021). Use of Trimean in Theil-Sen Regression Analysis . *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, (6)1: Pages:15-26.
- Fayrap, A., Balı A. (2009). Dünya ve Türkiye Ölçeğinde Akış Güvenliğinin Değerlendirilmesi. *Alınları Sosyal Bilimler Dergisi*, Volume 17, Pages 27-33.
- Fıstıkoğlu, O., & Biberoğlu, E. (2008). Küresel İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi ve Uyum Önlemleri. *TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu (13-14 Mart)*, (s. 238-252). Ankara.
- Gautam, M., & Acharya, K. (2011). Streamflow trends in Nepal. *Hydrological Sciences Journal*, 57(2), 344-357.
- Genta, J., Iribarren, G., & Mechoso, C. (1998). A Recent Increasing Trend in the Streamflow of Rivers in Southeastern South America. *Journal of Climate*, 11: Pages 2858-2862.
- Gümüş, V. (2006). Fırat Havzası Akımlarının Trend Analizi İle Değerlendirilmesi. *Şanlıurfa: Yüksek Lisans Tezi*
- Gümüş, V., Başak, A., & Oruç, N. (2016). Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) Yöntemi ile Şanlıurfa İstasyonunun Kuraklık Analizi. *Harran University Journal of Engineering*, Pages: 36-44.
- Hajani, E., Rahman, A., & Haddad, K. (2014). Trend Analysis for Extreme Rainfall Events in New South Wales, Australia. *World Academy of Science*, Vol: 8 No:12.
- Hayes, M. (2006). *Drought Indices*. Van Nostrand's Scientific Encyclopedia.
- Hayes, M., Svoboda, M., Wihite, D., & Vanyarkho, O. (1999). Monitoring the 1996 Drought Using the Standardized Precipitation Index. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Pages: 429-438.
- Hipel, K., & McLeod, A. (1994). *Time Series Modelling of Water Resources and Environmental Systems*. Amsterdam: Elsevier.
- Hirsch, R., Slack, J., & Smith, R. (1982). Techniques of Trend Analysis for Monthly Water Quality Data. *Water Resources Research*, Vol 18: Pages: 107-121.
- Hirsch, R., Slack, J., & Smith, R. (1984). Non-parametric trend test for seasonal. *Water Resources Research*, Vol 20(6) : Pages: 727-732.
- Box, G. E. P., Hunter, W. G. and Hunter, S. J. (1978) Statistics For Experimenters: Design, Inovation and Dsiccovery. New York: Wiley Series in Probability and Statistics.

- IPCC(2014). *Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (p. 151)
- IPCC(2019). *Global warming of 1.5°C*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf. adresinden alındı
- Kadıoğlu, M. (2008). *Küresel İklim Değişimi ve Türkiye*. İstanbul: Güncel Yayıncılık.
- Kahya, E., & Kalaycı, S. (2004). Trend analysis of streamflow in Turkey. *Journal of Hydrology*, 289: Pages: 128-144.
- Kale, S., & Sönmez, A. (2018). Trend analysis of mean monthly, seasonally and annual streamflow of Daday Stream in Kastamonu, Turkey. *Marine Science and Technology Bulletin*, 7(2): Pages: 60-67.
- Karaman, S., & Gökalp, Z. (2010). Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1): Pages: 59-66.
- Karavitis , C., Alexandris, S., Tsesmelis, D., & Athanasopoulos, G. (2011). Application of the Standardized Precipitation Index (SPI) in Greece. *Water*, 3: Pages 787-805.
- Kendall, M. (1948). *Rank Correlation Methods*. London: Charles Griffin and Co. Ltd.
- Kendall, M., & Stuart, A. (1973). Design and Analysis, And Time-Series. *The Advanced Theory of Statistic*. içinde London.
- King, D. (2005). Climate Change: The Science and The Policy. *Journal of Applied Ecology*, 779-783.
- Kömüşçü, A. Ü. (2005). Homogeneity Analysis of Long-Term Monthly Precipitation Data of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, Volume 19-No 7, 1220-1230
- Lana, X., Serra, C., & Burgueño, A. (2001). Patterns of monthly rainfall shortage and excess in terms of the standardized precipitation index for Catalonia (NE Spain). *International Journal of Climatology*, 21(13): Pages: 1669-1691.
- Lettenmaier, D. (1988). Multivariate non parametric tests or trend in water quality. *Water Resources Bulletin*, 24(3) : Pages: 505-512.
- Libiseller, C., & Grimvall, A. (2002). Performance of partial Mann–Kendall tests for trend detection in the presence of covariates. *Environmetrics*, Vol 13: Pages: 71-84.
- Lloyd-Hughes, B., & Saunders, M. (2002). A drought climatology for Europe. *International Journal of Climatology*, Vol 22: Pages: 1571-1592.
- Mann, H. (1945). Nonparametric Tests Against Trend. *Econometrica*, Vol 13: Pages: 163-171.
- McKee, T., Doesken, N., & Kleist, J. (1993). The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, (s. 179-183). California.
- MGM. (2022). <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?d=yontemsinif#sfB> adresinden alındı

- Min, S.-K., Kwon, W.-T., Park, E.-H., & Choi, Y. (2003). Spatial and temporal comparisons of droughts over Korea with East Asia. *International Journal of Climatology*, Vol 23: Pages: 223-233.
- Myers, J., Well, A., & Jr., R. (2010). *Research Design and Statistical Analysis*. Lawrence Erlbaum.
- Oğuztürk, G. (2010). *Kızılırmak Havzas'ınd SYİ İle Kuraklık Analizi ve YSA Yöntemi İle Kuraklık Tahmini*. Kırıkkale: Yüksek Lisans Tezi.
- Palmer, W. (1965). *Meteorological Drought*. Washington: U.S. Department of Commerce Weather Bureau.
- Peterson T.C., Easterling D. R., Karl T. R., Groisman P., Nicholls N., Plummer N., Torok S., Auer I., Boehm R., Gullett D., Vincent L., Heino R., Tuomenvirta H., Mestre O., Szentimrey T., Salinger J., Førland E., Bauer I. H., Alexandersson H., Jones P., Parker D. (1965). Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climate data: a review. *International Journal of Clatology*, Vol : 18 Pages: 1493-1517.
- Pettitt, A. N. (1979). A Non-Parametric Approach to the Change- Point Problem. *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol: 28 Pages: 126–135.
- Rossi, G., Benedini, M., Tsakiris, G., Giakoumakis S. (1992). On Regional Drought Estimation and Analysis. *Water Resour Management*, 6: Pages: 249–277.
- Sen, P. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63: Pages: 1379-1389.
- Shadmani, M., Marofi, S., & Roknian, M. (2012). Trend Analysis in Reference Evapotranspiration Using Mann-Kendall and Spearman's Rho Tests in Arid Regions of Iran. *Water Resour Manage*, 26: Pages: 211–224.
- Shatanawi, K., Mohammad, A., Odeh, T., Arafah, M., Halalsheh, M., & Kassab, G. (2022). Analysis of Historical Precipitation in Semi-Arid Areas – Case Study of Amman Zarqa Basin. *Journal of Ecological Engineering*.
- Sneyers, R. (1990). *On the Statistical Analysis of Series of Observations*. Geneva - Switzerland: Secretariat of the World Meteorological Organization.
- Spearman, C. (1904). The Proof and Measurement of Association between Two Things. *The American Journal of Psychology*, Vol 15: Pages: 72-101.
- Stern, N. (2006). *The Stern Review: The Economics Of Climate Change*. London: HM Treasury.
- Subash, N., Mohan, H., & Sikka, A. (2011). Decadal frequency and trends of extreme excess/deficit rainfall during the monsoon season over different meteorological sub-divisions of India. *Hydrological Sciences Journal*, Volume 56, 2011 - Issue 7.
- Sulaiman, N., Kamarudin, M., Mustafa, A., Amran, M., Azaman, F., Abidin, I., & Hairoma, N. (2015). Trend analysis of Pahang River using non-parametric analysis: Mann Kendall's trend test. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 19(6) Pages :1327–1334.

- Svoboda, M., Darani, S., & Fuchs, B. (2016). *Handbook of Drought Indicators and Indices*. Geneva: Integrated Drought Management Programme (IDMP).
- Şen, Z. (2012). Innovative Trend Analysis Methodology. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(9): Pages: 1042-1046.
- Şen, Z. (2012). *Innovative Trend Analysis Methodology*. Reston: American Society of Civil Engineers.
- Şen, Z. (2018). Crossing trend analysis methodology and application for Turkish rainfall records. *Theoretical and Applied Climatology*, Vol 131: Pages: 285-293.
- Terzi, Ö., & Köse, M. (2012). Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Göksu Nehri'nin Akım Tahmini. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 3: Pages: 1-7.
- Theil, H. (1950). A-Rank invariant method of linear and polynomial regression analysis. *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie Wetenschappen*, 53: Pages: 1397-1412.
- Tokgöz, S., & Partal, T. (2020). Karadeniz Bölgesinde Yıllık Yağış ve Sıcaklık Verilerinin Yenilikçi Şen ve Mann-Kendall. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(2): Pages: 1107-1118.
- Türkeş, M. (2001). Hava, İklim, Şiddetli Hava Olayları ve Küresel Isınma. *Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri*, (s. 187-205). Ankara.
- Türkeş, M., & Tatlı, H. (2009). Use of the standardized precipitation index (SPI) and a modified SPI for shaping the drought probabilities over Turkey. *International Journal of Climatology*, Vol 29: Pages: 2270-2282.
- Van Belle, G., & Hughes, J. (1984). Nonparametric Tests for Trend in Water Quality. *Water Resources Research*, Vol 20: Pages: 127-136.
- Wambua, R., Mutua, B., & Raude, J. (2015). Spatio-temporal Drought Characterization for the Upper Tana River Basin, Kenya Using Standardized Precipitation Index (SPI). *World Journal of Environmental Engineering*, Vol 3 : Pages: 111-120.
- Wilhite, D., & Glantz, M. (1985). Understanding: the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. *Water International*, 10: Pages 111-120.
- Willeke, G., Hosking, J., Wallis, J., & Guttman, N. (1994). *The national drought atlas*. In: *Institute for Water Resources Report*. U.S. Army Corp of Engineers, Water Resources Support Center.
- WMO. (2012). *Standardized Precipitation Index User Guide*. Geneva.
- Yan, J., Chenghu, Z., & Weiming, C. (2007). Streamflow trends and hydrological response to climatic change in Tarim headwater basin. *Journal of Geographical Sciences*, 17, Pages 51-61.
- Yenigün, K., & Wlat, A. (2019). Investigation of drought in the northern Iraq region. *Meteorological Applications*, Pages: 1-10.
- Yenigün, K., Gümüş, V., & Bulut, H. (2008). Trends in streamflow of the Euphrates basin, Turkey. *ICE Water Management*, Volume: 161, Issue: 4, p. 189-198, Thomas Telford.

- Yıldız, M.S. (2019). *Akım Kuraklık İndeksi Yöntemi İle Fırat Havzasının Hidrolojik Kuraklık Analizi*. Şanlıurfa: Yüksek Lisans Tezi.
- Yu, Y., Zou, S., & Whitemore, D. (1993). Non-Parametric Trend Analysis of Water Quality Data of Rivers in Kansas. *Journal of Hydrology*, Vol 150: Pages: 61-80.
- Zaiontz, C. (2022). *Real Statistics Using Excel*. <https://www.real-statistics.com/time-series-analysis/time-series-miscellaneous/mann-kendall-test/>. adresinden alındı

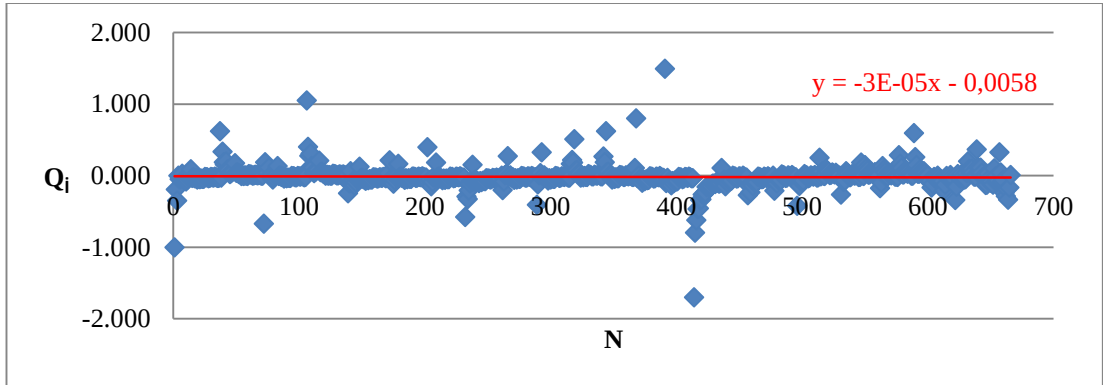
EKLER_i

EK A. Standart Normal Dağılım Tablosu

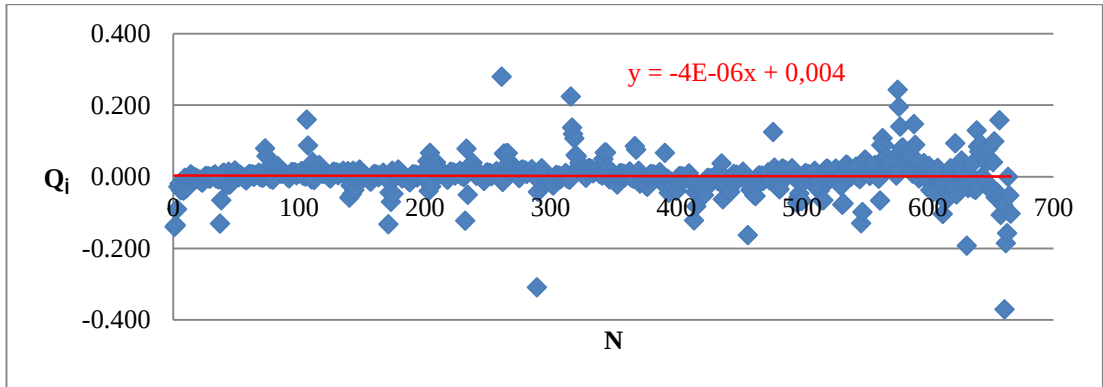
NORMAL DAĞILIM TABLOSU

Z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,4960	0,4920	0,4880	0,4840	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641
0,1	0,4602	0,4562	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,4286	0,4247
0,2	0,4207	0,4168	0,4129	0,4090	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
0,3	0,3821	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,3520	0,3483
0,4	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,3300	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
0,5	0,3085	0,3050	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,2810	0,2776
0,6	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2483	0,2451
0,7	0,2420	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148
0,8	0,2119	0,2090	0,2061	0,2033	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
0,9	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,1711	0,1685	0,1660	0,1635	0,1611
1,0	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
1,1	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,1230	0,1210	0,1190	0,1170
1,2	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1056	0,1038	0,1020	0,1003	0,0985
1,3	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823
1,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0721	0,0708	0,0694	0,0681
1,5	0,0668	0,0655	0,0643	0,0630	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0559
1,6	0,0548	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455
1,7	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
1,8	0,0359	0,0351	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
1,9	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,0250	0,0244	0,0239	0,0233
2,0	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192	0,0188	0,0183
2,1	0,0179	0,0174	0,0170	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150	0,0146	0,0143
2,2	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,0110
2,3	0,0107	0,0104	0,0102	0,0099	0,0096	0,0094	0,0091	0,0089	0,0087	0,0084
2,4	0,0082	0,0080	0,0078	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0068	0,0066	0,0064
2,5	0,0062	0,0060	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0052	0,0051	0,0049	0,0048
2,6	0,0047	0,0045	0,0044	0,0043	0,0041	0,0040	0,0039	0,0038	0,0037	0,0036
2,7	0,0035	0,0034	0,0033	0,0032	0,0031	0,0030	0,0029	0,0028	0,0027	0,0026
2,8	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0023	0,0022	0,0021	0,0021	0,0020	0,0019
2,9	0,0019	0,0018	0,0018	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014
3,0	0,0013	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,0010	0,0010
3,1	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007
3,2	0,0007	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005
3,3	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003
3,4	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002
3,5	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
3,6	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
3,7	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
3,8	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
3,9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Z	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09

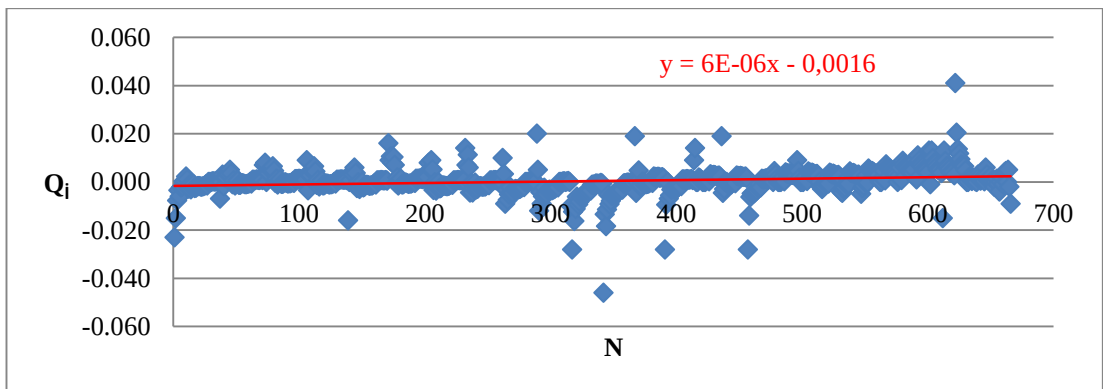
EK B. Sen'in Trend Eğim Metodu Grafikleri



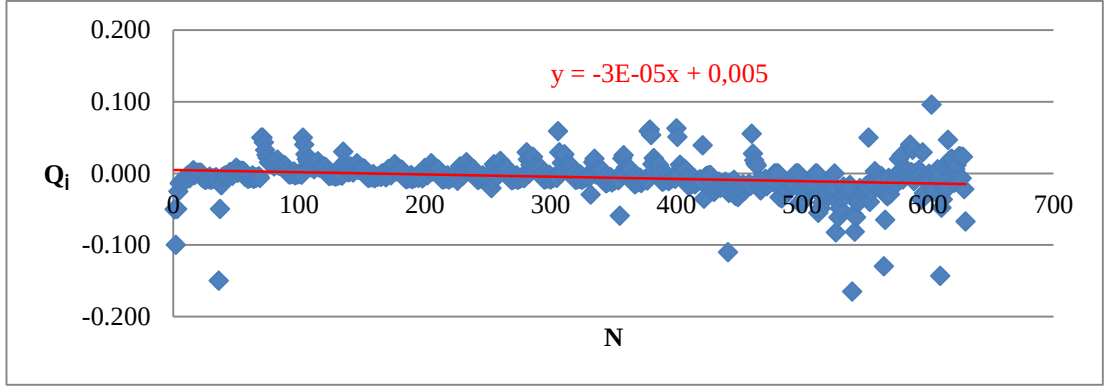
Şekil B.1 Sen'in Trend Eğim Metoduna Göre Q_i Parametreleri (D13A014)



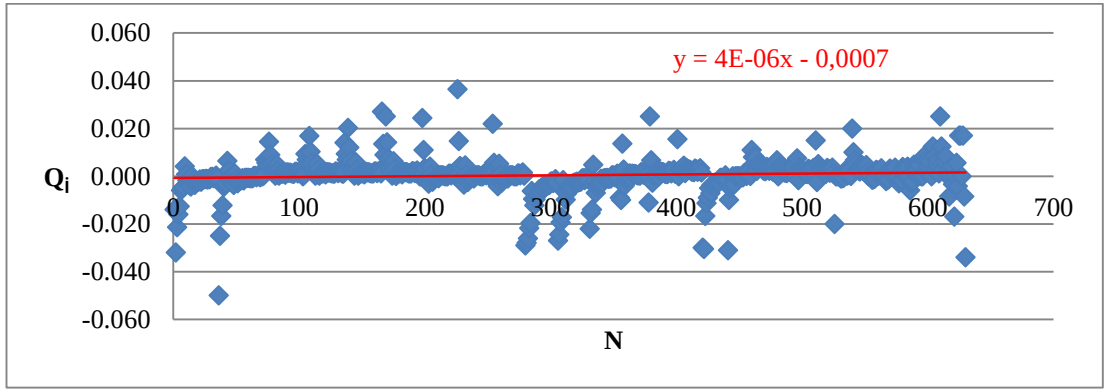
Şekil B.2 Sen'in Trend Eğim Metoduna Göre Q_i Parametreleri (D13A015)



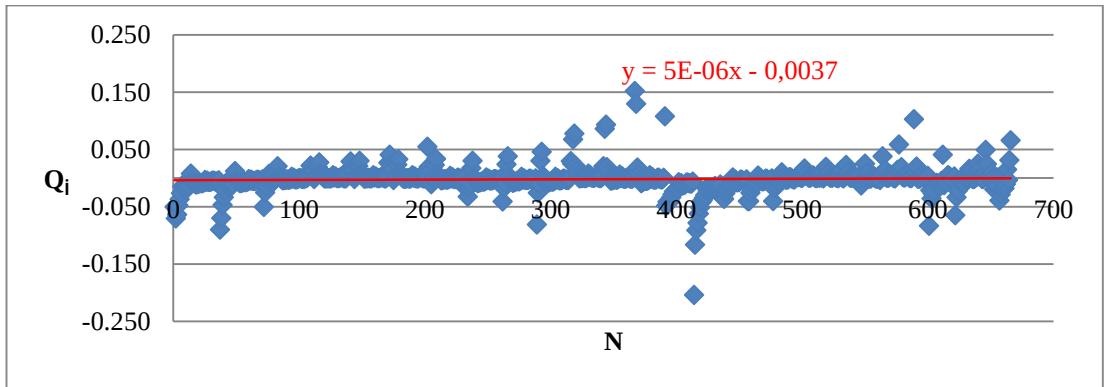
Şekil B.3 Sen'in Trend Eğim Metoduna Göre Q_i Parametreleri (D13A022)



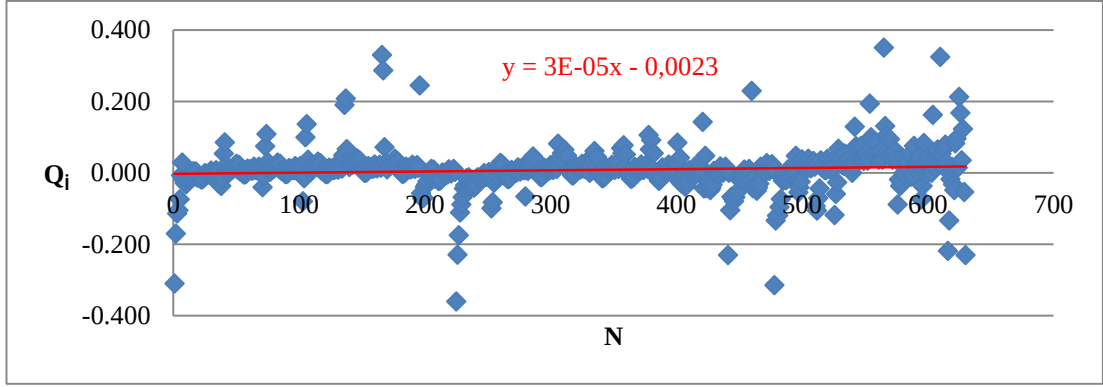
Şekil B.4 Sen'in Trend Eğim Metoduna Göre Q_i Parametreleri (D13A032)



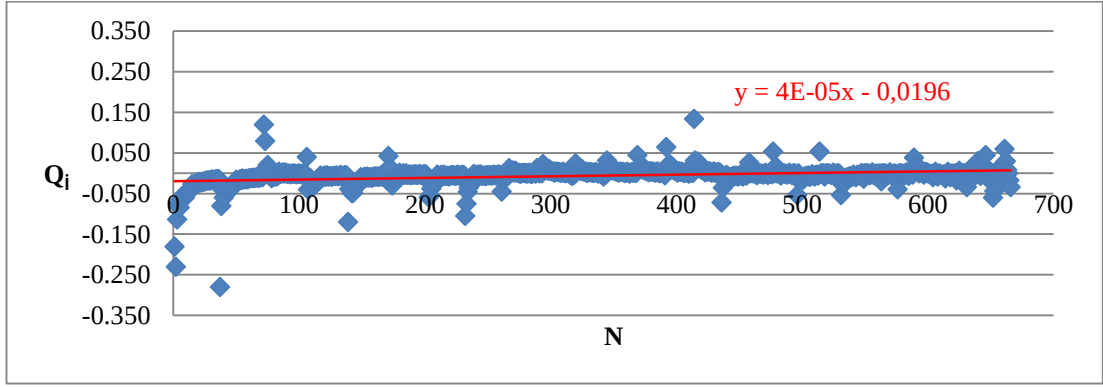
Şekil B.5 Sen'in Trend Eğim Metoduna Göre Q_i Parametreleri (D13A036)



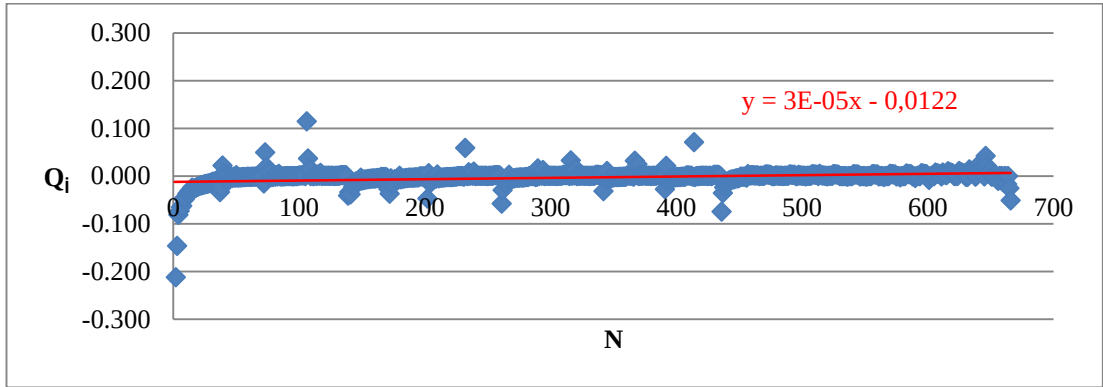
Şekil B.6 Sen'in Trend Eğim Metoduna Göre Q_i Parametreleri (D13A037)



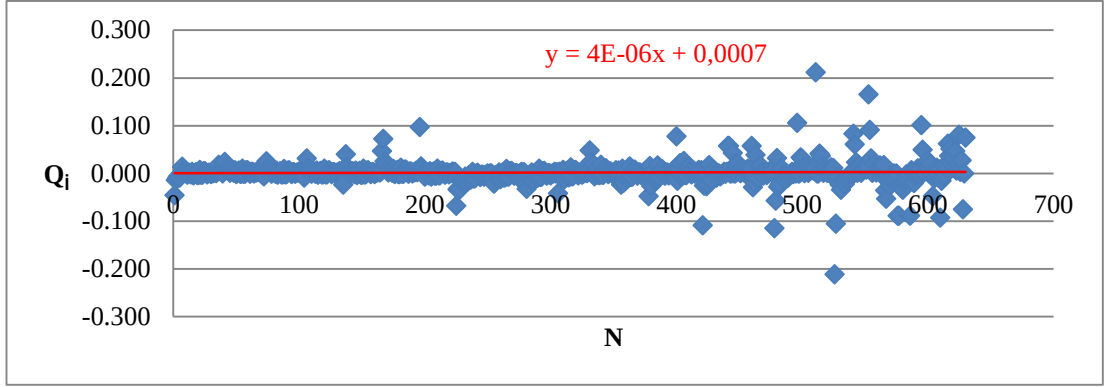
Şekil B.7 Sen'in Trend Eğim Metoduna Göre Q_i Parametreleri (D13A040)



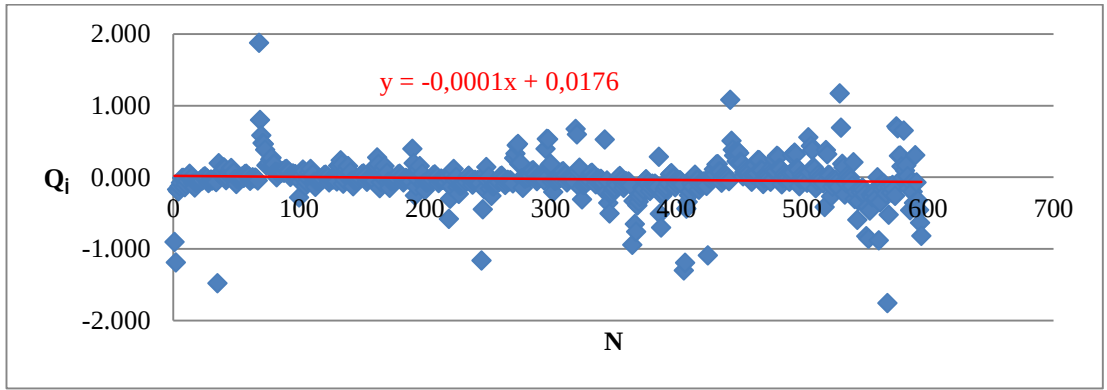
Şekil B.8 Sen'in Trend Eğim Metoduna Göre Q_i Parametreleri (D13A045)



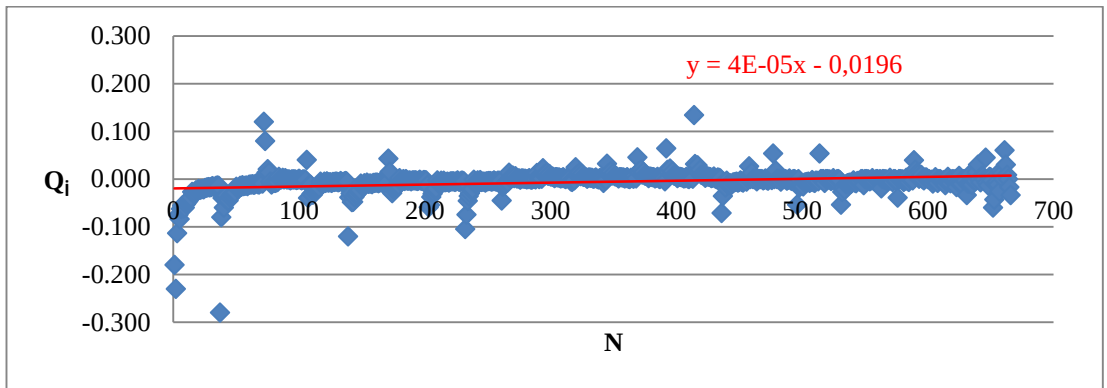
Şekil B.9 Sen'in Trend Eğim Metoduna Göre Q_i Parametreleri (D13A046)



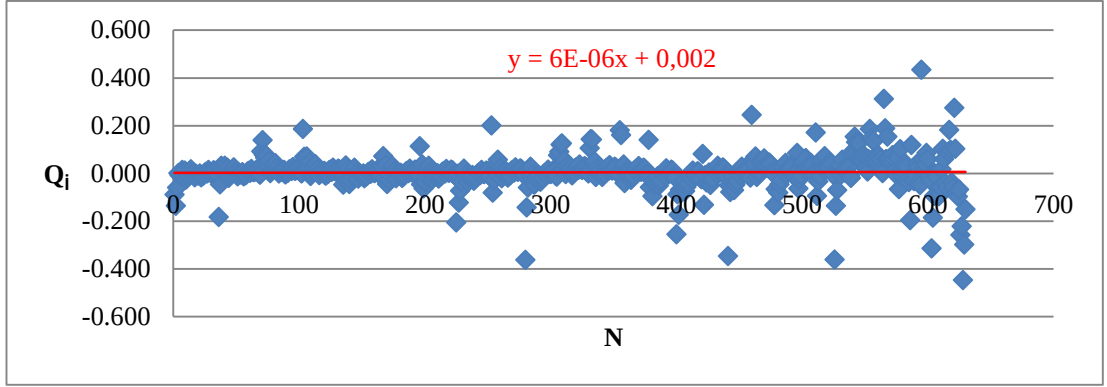
Şekil B.10 Sen'in Trend Eğim Metoduna Göre Q_i Parametreleri (D13A049)



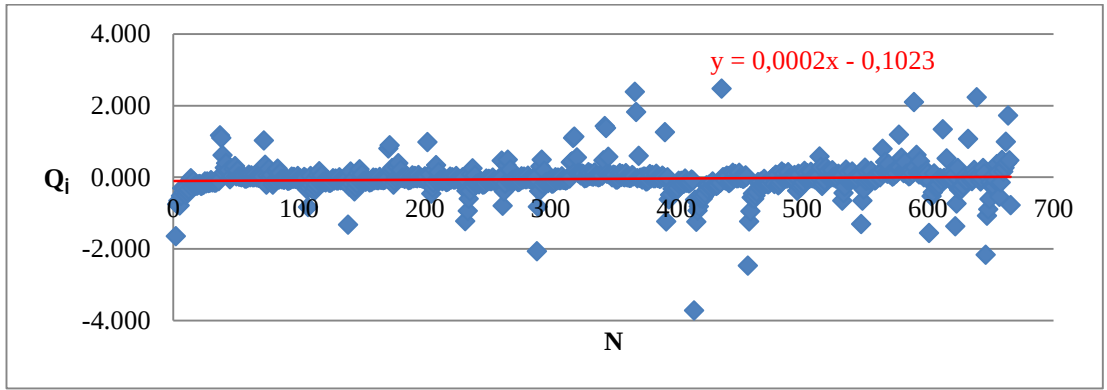
Şekil B.11 Sen'in Trend Eğim Metoduna Göre Q_i Parametreleri (D13A052)



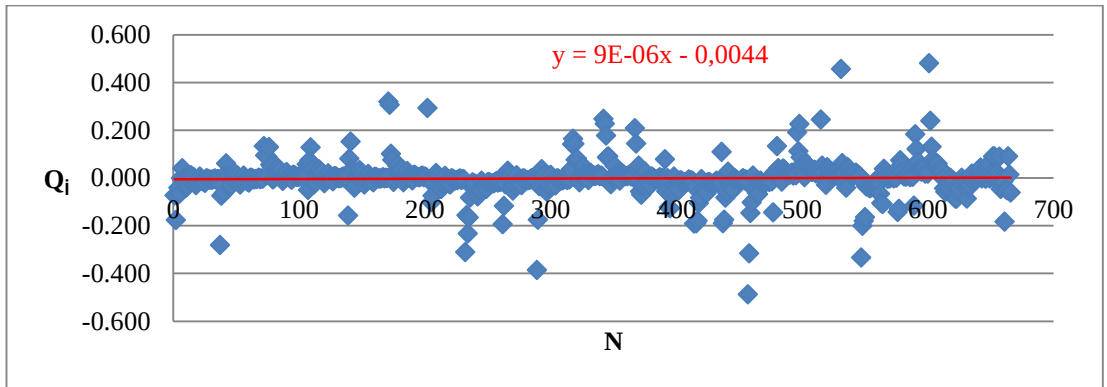
Şekil B.12 Sen'in Trend Eğim Metoduna Göre Q_i Parametreleri (E13A002)



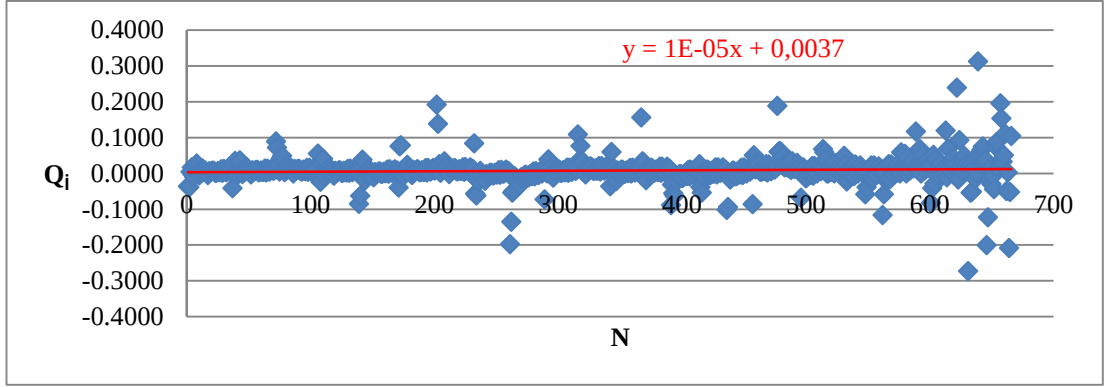
Şekil B.13 Sen'in Trend Eğim Metoduna Göre Q_i Parametreleri (E13A007)



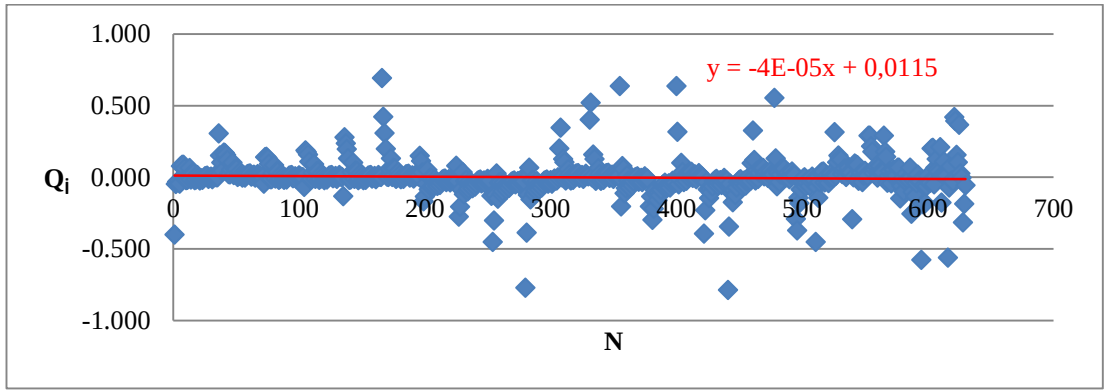
Şekil B.14 Sen'in Trend Eğim Metoduna Göre Q_i Parametreleri (E13A014)



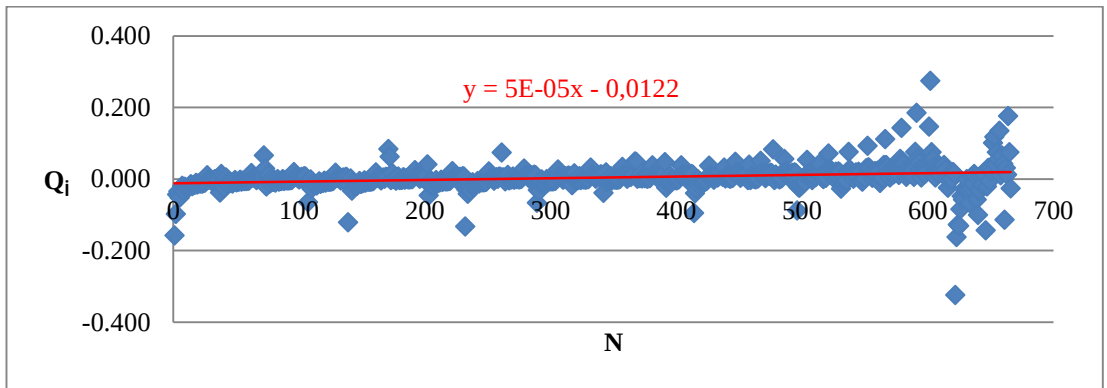
Şekil B.15 Sen'in Trend Eğim Metoduna Göre Q_i Parametreleri (E13A019)



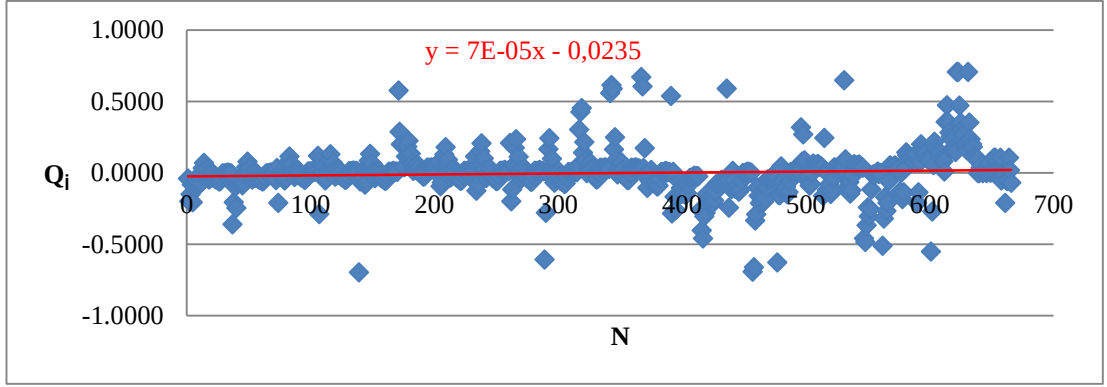
Şekil B.16 Sen'in Trend Eğim Metoduna Göre Q_i Parametreleri (E13A027)



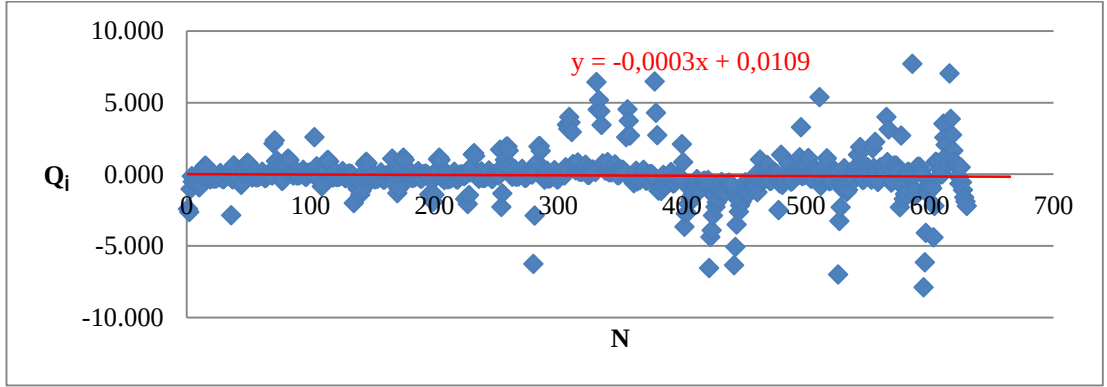
Şekil B.17 Sen'in Trend Eğim Metoduna Göre Q_i Parametreleri (E13A031)



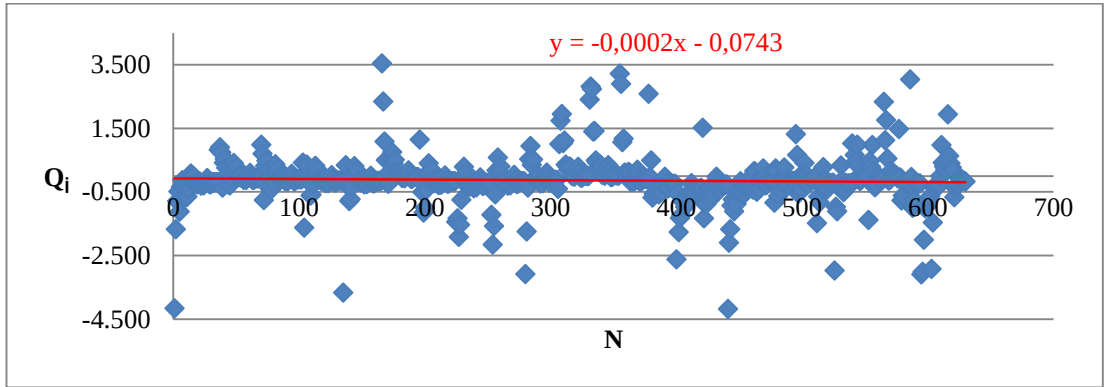
Şekil B.18 Sen'in Trend Eğim Metoduna Göre Q_i Parametreleri (E13A032)



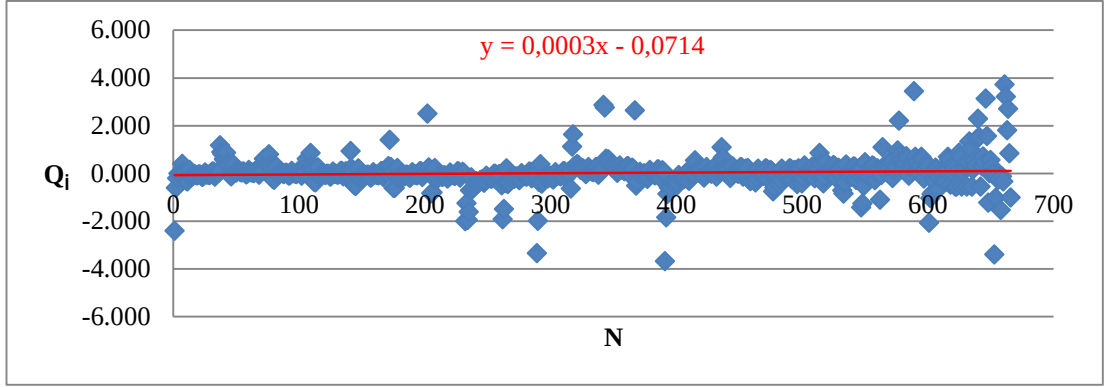
Şekil B.19 Sen'in Trend Eğim Metoduna Göre Q_i Parametreleri (E13A034)



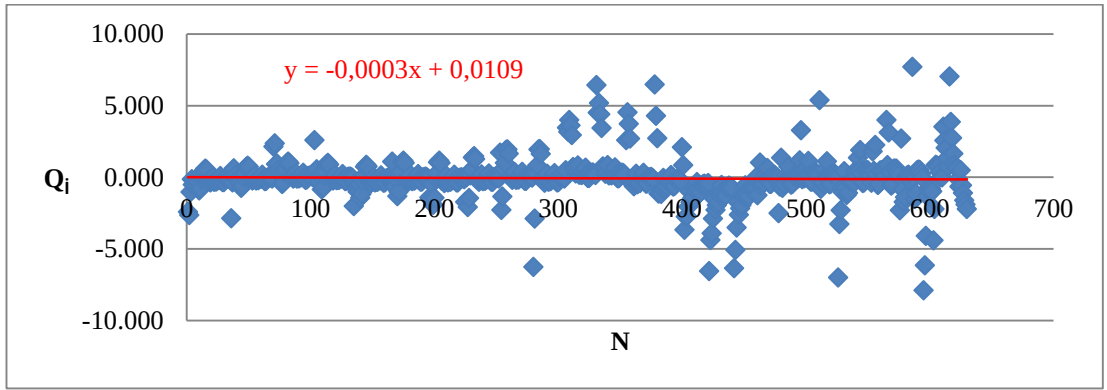
Şekil B.20 Sen'in Trend Eğim Metoduna Göre Q_i Parametreleri (E13A035)



Şekil B.21 Sen'in Trend Eğim Metoduna Göre Q_i Parametreleri (E13A036)



Şekil B.22 Sen'in Trend Eğim Metoduna Göre Q_i Parametreleri (E13A040)



Şekil B.23 Sen'in Trend Eğim Metoduna Göre Q_i Parametreleri (E13A043)

EK C. Batı Karadeniz Havzası Sulamaları (DSİ Tarafından İşletilen)

BATI KARADENİZ HAVZASI SULAMALARI					
İl	İlçe	Sulama Adı	Aşaması	Sulama Yöntemi	Net Sulama Alanı (ha)
Düzce	Merkez	Düzce Ovası Sulaması	İşletmede	Salma (California)	11000
Düzce	Merkez	Kavakbıçkı Göleti Sulaması	Planlama	Damla + Yağmurlama	92
Düzce	Akçakoca	Akçakoca Altunçay Göleti Sulaması	Proje	Damla + Yağmurlama	158
Bolu	Merkez	Yeşilköy Göleti Sulaması	Planlama	Damla + Yağmurlama	535
Bolu	Merkez	Ömerler Göleti Sulaması	Planlama	Damla + Yağmurlama	159
Bolu	Merkez	Bolu Ovası Sulaması	İşletmede	Salma (California)	8550
Bolu	Merkez	Sultanköy Göleti Sulaması	Planlama	Damla + Yağmurlama	832
Bolu	Dörtdivan	Tekke Barajı Sulaması	Proje	Damla + Yağmurlama	15523
Çankırı	Çerkeş	Çankırı Çerkeş Dikenli Göleti Sulaması	Planlama	Damla + Yağmurlama	425
Çankırı	Çerkeş	Akhasan Barajı Sulaması	İşletmede	Damla + Yağmurlama	1906
Çankırı	Çerkeş	Hacılar Barajı Sulaması	Planlama	Damla + Yağmurlama	2046
Çankırı	Atkaracalar	Çankırı Atkaracalar Göleti Sulaması	Planlama	Damla + Yağmurlama	213
Çankırı	Çerkeş	Saçak Göleti Sulaması	Planlama	Damla + Yağmurlama	82
Karabük	Ovacık	Hatipoğlu Göleti Sulaması	İşletmede	Damla	444
Karabük	Eskipazar	Doğancılar Göleti Sulaması	İşletmede	Damla	20
Karabük	Eskipazar	Hanköy Regülatörü Sulaması	İnşa Halinde	Damla + Yağmurlama	158
Karabük	Eskipazar	Ova Göleti Sulaması	İnşa Halinde	Damla + Yağmurlama	478
Karabük	Eskipazar	Haslı Göleti Sulaması	İnşa Halinde	Damla + Yağmurlama	213
Karabük	Eskipazar	Yazıboyu Göleti Sulaması	Planlama	Damla + Yağmurlama	410
Karabük	Eskipazar	Adiller Göleti Sulaması	Planlama	Damla + Yağmurlama	3230
Karabük	Eskipazar	Bulduk Sulaması	Proje	Damla + Yağmurlama	214
Karabük	Merkez	Düzçam Göleti Sulaması	İnşa Halinde	Damla + Yağmurlama	578
Karabük	Safranbolu	Aldeğirmen Barajı Sulaması	Proje	Salma + Damla	1404
Karabük	Safranbolu	Karabük Safranbolu Acısu Göleti Sulaması	Planlama	Damla + Yağmurlama	50
Karabük	Eflani	Eflani Gökgöz Göleti Sulaması	İşletmede	Damla + Yağmurlama	68
Karabük	Eflani	Kadıköy Göleti Sulaması	İşletmede	Salma (California)	270
Karabük	Eflani	Ortakçı Göleti Sulaması	İşletmede	Salma (California)	135

EK C'nin devamı

Karabük	Eflani	Bostancı Göleti Sulaması	İşletmede	Salma (California)	315
Karabük	Safranbolu	Ovacuma Göleti Sulaması	İnşa Halinde	Damla + Yağmurlama	214
Zonguldak	Ereğli	Kızılcapınar Barajı Sulaması	İşletmede	Damla + Yağmurlama	928
Zonguldak	Çaycuma	Çaycuma Sulaması	Ön İnceleme ve Master Plan	Damla + Yağmurlama	7400
Zonguldak	Gökçebey	Kongul Göleti Sulaması	Proje	Damla	165
Zonguldak	Merkez	Madenler Göleti Sulaması	Proje	Damla + Yağmurlama	490
Bartın	Merkez	Kozcağız Barajı Sulaması	İnşa Halinde	Damla + Yağmurlama	2148
Bartın	Merkez	Kirazlı Köprü Barajı Sulaması	İnşa Halinde	Damla + Yağmurlama	2755
Bartın	Ulus	Eldeş Göleti Sulaması	İnşa Halinde	Damla + Yağmurlama	87
Bartın	Kurucaşile	Aydoğmuş Göleti Sulaması	Proje	Damla + Yağmurlama	39
Kastamonu	Pınarbaşı	Aşağısökö Göleti Sulaması	İnşa Halinde	Damla + Yağmurlama	144
Kastamonu	Araç	Araç Barajı Sulaması	İnşa Halinde	Damla + Yağmurlama	4822
Kastamonu	Araç	Tuzaklı Göleti Sulaması	İşletmede	Salma (California)	229
Kastamonu	Merkez	Kurucaören Göleti Sulaması	Ön İnceleme ve Master Plan	Diğer	395
Kastamonu	İhsangazi	Sevindik Göleti Sulaması	İşletmede	Damla + Yağmurlama	180
Kastamonu	İhsangazi	Kırık Barajı Sulaması	İnşa Halinde	Damla + Yağmurlama	3400
Kastamonu	Seydiler	Beyler Barajı Sulaması	İşletmede	Salma (California)	5178
Kastamonu	Devrekani	Kulaksızlar Göleti Sulaması	İşletmede	Yağmurlama	4615
Kastamonu	Devrekani	Alibeyoğlu Göleti Sulaması	Proje	Damla + Yağmurlama	383
Kastamonu	Devrekani	Çiğdem Göleti Sulaması	İşletmede	Salma (California)	111
Kastamonu	Çatalzeytin	Kirazlı Göleti Sulaması	Proje	Damla + Yağmurlama	45
Sinop	Erfelek	Balıfakı Göleti Sulaması	Proje	Damla + Yağmurlama	256
Sinop	Erfelek	Karasu Ovası Sulaması	İşletmede	Salma + Yağmurlama	2503
Sinop	Merkez	Taşmanlı Göleti Sulaması	İşletmede	Salma (California)	190

EK D. Batı Karadeniz Havzası Akım Gözlem İstasyonları

Sıra	AGİ No	İstasyon Adı	Akarsu Adı	Yağış Alanı	Yaklaşık Kot	Koordinat
1	D13A059	Uğurluköy	B.Melen Çayı	2317,00	10	30°59'54" Doğu - 41°1'51" Kuzey
2	E13A038	Ortaköy	Lahana D.	104,80	16	30°56'15" Doğu - 40°59'52" Kuzey
3	E13A040	Beyler	Büyükmelen	2174,00	23	30°57'18" Doğu - 40°58'57" Kuzey
4	D13A003	Aksu Köprü	Aksu D.	263,70	128	-
5	E13A002	Yakabaşı	Büyük Melen Deresi	1988,00	115	30°59'9" Doğu - 40°51'22" Kuzey
6	D13A010	Çilimli	Çilimli Deresi	10,60	210	31°3'1" Doğu - 40°54'12" Kuzey
7	D13A016	Hacı Süleymanbey	Aksu Çayı	228,60	178	-
8	E13A039	Çiftekeş	Aksu D.	105,20	634	30°55'14" Doğu - 40°42'56" Kuzey
9	D13A032	Dereevi	Aksu D.	71,50	873	30°59'50" Doğu - 40°42'34" Kuzey
10	D13A029	Eftani Çayı Köp.	Aksu D.	226,50	186	-
11	D13A018	Beyköy	Uğur S.	255,00	135	31°06'42" Doğu - 40°46'08" Kuzey
12	D13A072	Hamamüstü Mah.	Uğur S.	136,30	385	31°14'46" Doğu - 40°43'33" Kuzey
13	D13A009	Düzce Fidanlık	Asar S.	143,20	135	-
14	D13A066	Düzce(Merkez)	Asar Suyu	1,00	154	31°9'38" Doğu - 40°50'15" Kuzey
15	D13A002	Hacı Musa	Uğur S.	285,00	95	-
16	D13A017	Darıyeri	Asar Ç.	39,85	390	-
17	D13A004	Yumrukaya	Büyüksu	182,70	776	-
18	E13A010	Hecinler	Küçükmelen	682,00	194	31° 15' 28" Doğu - 40° 54' 30" Kuzey
19	D13A035	Hasanlar Barajı Çıkışı	Küçük Melen Deresi	618,00	650	31°16'16" Doğu - 40°54'56" Kuzey
20	D13A033	İğneler	Küçük Melen Deresi	259,70	276	31°23'0" Doğu - 40°57'0" Kuzey
21	D13A038	Kırık	Kara Dere	225,90	311	31°23'8" Doğu - 40°55'2" Kuzey
22	E13A052	Arabacı	Sarma Deresi	48,50	28	31°6'10" Doğu - 41°3'55" Kuzey
23	E13A062	Kocaman	Kocaman Dere	67,60	4	31°18'19" Doğu - 41°6'46" Kuzey
24	D13A048	Ulukum	Alaplı Ç.	245,00	20	31°23'0" Doğu - 41°9'0" Kuzey
25	D13A074	Alaplı	Alaplı Ç.	258,40	8	31°23'59" Doğu - 41°9'36" Kuzey
26	E13A060	Aydınyayla	Alaplı Ç.	158,00	112	31° 32' 39" Doğu - 41° 06' 50" Kuzey
27	E13A013	Eregli	Gülüç Irmağı	680,00	5	31° 27' 49" Doğu - 41° 13' 32" Kuzey
28	D13A043	Kızılcapınar	Kızlar D.	360,00	50	31°37'0" Doğu - 41°14'0" Kuzey
29	D13A047	Yüzbaşıpınarı	Dereköy D.	41,80	350	31°49'38" Doğu - 41°19'46" Kuzey
30	D13A042	İhsaniye	İhsaniye D.	10,15	15	31°46'21" Doğu - 41°25'24" Kuzey

EK D'nin devamı

31	D13A007	Şeftali Boğazı	Ulutan D.	22,40	110	31°48'24" Doğu - 41°25'0" Kuzey
32	E13A035	Çaycuma	Filyos Ç.	13300,40	19	32°5'15" Doğu - 41°25'36" Kuzey
33	E13A003	Çaycuma	Filyos Ç.			
34	E13A051	Devrek	Devrek Ç.	2966,40	72	31°57'24" Doğu - 41°13'26" Kuzey
35	E13A046	Devrek	Devrek Ç.	2965,50	78	31° 57' 17" Doğu- 41° 13' 20" Kuzey
36	D13A044	Devrek	Bolu Ç.	2917,40	100	31°56'4" Doğu - 41°11'25" Kuzey
37	E13A011	Gürdeşe	Devrek Ç.	2420,00	174	31° 51' 54" Doğu- 41° 05' 26" Kuzey
38	D13A057	Akçabey	Devrek Ç.	-	220	-
39	D13A067	Köprübaşı	Devrek Ç.	1998,00	337	31°53'39" Doğu - 41°0'0" Kuzey
40	E13A018	Eskikampiçi	Devrek Ç.	2007,00	342	31° 54' 25" Doğu- 40° 59' 17" Kuzey
41	E13A006	Gökçesu	Devrek Ç.	1879,60	502	31° 57' 17" Doğu- 40° 54' 09" Kuzey
42	D13A071	Göçler	Bolu Ç.	1891,00	505	31°57'5" Doğu - 40°54'2" Kuzey
43	E13A020	Gökçesu	Bolu Ç.	1102,80	509	31° 56' 53" Doğu- 40° 53' 45" Kuzey
44	E13A034	Beşdeğirmenler	Bolu Ç.	1095,30	541	31° 55' 48" Doğu- 40° 53' 12" Kuzey
45	D13A065	Küplüce Köprüsü	Büyüksu Çayı	1053,00	613	31°52'0" Doğu - 40°51'48" Kuzey
46	D13A013	Çatak	Büyük S.	826,00	679	-
47	D13A070	Bayramışlar Köprüsü	Hızar Deresi	24,45	900	31°38'5" Doğu - 40°47'23" Kuzey
48	D13A027	Gölköy Brj	Göl Gözlem	1205,00	758	31°31'50" Doğu - 40°42'35" Kuzey
49	D13A024	Baraj Girişi	Mudurnu S.	119,50	782	-
50	D13A008	Akkaya (Akmina)	Mudurnu Çayı	118,30	749	31°31'35" Doğu - 40°40'47" Kuzey
51	D13A068	Akçaalan	Abant Deresi	86,50	855	31°26'23" Doğu - 40°40'31" Kuzey
52	D13A023	Baraj Girişi	Büyüksu	179,30	782	-
53	E13A019	Gökçesu	Mengen Çayı	786,30	507	31°58'2" Doğu - 40°53'47" Kuzey
54	E13A015	Eskiçağa	Yeniçağ Göl Ayagı	158,40	991	32° 02' 10" Doğu- 40° 48' 56" Kuzey
55	E13A043	Arak	Korubaşı Deresi	125,00	780	32°15'17" Doğu - 40°56'28" Kuzey
56	E13A036	Yenice	Yenice Irmağı	8966,00	117	32°19'24" Doğu - 41°12'6" Kuzey
57	D13A041	Balıkısık	Filyos Ç.	8310,00	140	32°23'5" Doğu - 41°11'45" Kuzey
58	E13A004	Karabük	Filyos Ç.			
59	E13A033	Karabük	Araç Ç.	2833,20	262	32° 37' 26" Doğu- 41° 11' 45" Kuzey
60	E13A049	Karabük	Araç Ç.	2798,50	272	32°39'29" Doğu - 41°12'53" Kuzey
61	E13A005	Kılavuzlar	Araç Ç.	2780,40	275	32° 39' 54" Doğu- 41° 12' 42" Kuzey

EK D'nin devamı

62	E13A014	Karabük	Soğanlı Ç.	5086,80	271	32° 38' 35" Doğu - 41° 10' 11" Kuzey
63	D13A063	Cemaller	Soğanlı Ç.	5086,80	270	32°40'43" Doğu - 41°7'52" Kuzey
64	E13A037	Büyükyayalar	Göksu D.	42,00	853	32° 28' 15" Doğu - 40° 55' 41" Kuzey
65	E13A001	Dalgoz	Melen Ç.	2984,40	746	33° 13' 21" Doğu - 40° 57' 20" Kuzey
66	D13A064	Bayramören	Gerede Çayı	3002,00	745	33°13'33" Doğu - 40°57'24" Kuzey
67	D13A036	Yalaközü	Hacılar Deresi	88,30	1179	32°59'27" Doğu - 40°45'43" Kuzey
68	D13A022	Akhasan	Akhasan Deresi	76,50	1180	32°48'0" Doğu - 40°46'0" Kuzey
69	D13A040	Bahçedere	Gerede Ç.	1343,00	1095	32°19'0" Doğu - 40°48'0" Kuzey
70	E13A012	Yagdaş	Ulus	1277,60	1119	32° 17' 04" Doğu - 40° 46' 59" Kuzey
71	E13A029	Ümitköy	Öteöz D.			
72	E13A028	Ümitköy	Ulus			
73	E13A027	Afatlar	Ulus Ç.	953,60	1142	32°15'3" Doğu - 40°44'32" Kuzey
74	D13A046	Salur Köprüsü	Markoşa Deresi	240,00	1200	32°59'27" Doğu - 40°45'43" Kuzey
75	D13A076	Başlarkadı	Karasu	224,00	110	31°55'30" Doğu - 41°10'47" Kuzey
76	D13A077	Özpinar	Bolu Ç.	2596,60	118	31°54'8" Doğu - 41°10'1" Kuzey
77	D13A078	Üçevler	Eskipınar Ç.	377,40	596	32°36'5" Doğu - 40°59'25" Kuzey
78	D13A045	Yağbaşlar	Ulus Deresi	196,00	1183	31°59'0" Doğu - 40°41'0" Kuzey
79	E13A061	Erenler	Koroğlu D.	85,00	1332	31° 52' 48" Doğu - 40° 37' 35" Kuzey
80	D13A062	Karıt	Araç Ç.	2571,40	362	32°44'28" Doğu - 41°12'59" Kuzey
81	D13A037	Çevrikköprü	Eflani Ç.	537,10	322	32°45'51" Doğu - 41°13'9" Kuzey
82	D13A053	Kayaboğazi	Araç Ç.	1747,00	460	33°1'32" Doğu - 41°13'51" Kuzey
83	D13A061	Araç	Araç Ç.	885,50	622	33°19'22" Doğu - 41°14'23" Kuzey
84	E13A008	Araç	Araç Ç.			
85	D13A060	Başköy	Başköy D.	141,20	685	33°23'21" Doğu - 41°13'43" Kuzey
86	E13A016	Bartın	Bartın Ç.			
87	E13A017	Kutlubey	Kocanaz D.	584,00	4	32° 20' 05" Doğu - 41° 35' 41" Kuzey
88	D13A039	Boğazköy	Kocanaz Ç.	332,00	130	32°23'15" Doğu - 41°27'42" Kuzey
89	E13A031	Bartın	Kocarmak	1342,00	15	32°21'20" Doğu - 41°38'30" Kuzey
90	E13A048	Bartın	Arit Irmağı			
91	D13A014	Bayıryüzü	Ulus Ç.	1016,00	50	32°24'41" Doğu - 41°33'37" Kuzey
92	D13A006	Bartın	Kozlu D.	1348,00	5	-

EK D'nin devamı

93	D13A049	Darıören	Arit Ç.	137,00	230	32°31'14" Doğu - 41°39'32" Kuzey
94	D13A081	Otogar Köprüsü	Kozcağız Ç.	643,70	24	32°19'38" Doğu - 41°34'22" Kuzey
95	D13A052	Cide	Kocaçay	2303,70	5	32°56'20" Doğu - 41°52'39" Kuzey
96	E13A009	Cide	Devrekâni Ç.	2254,00	5	32° 56' 35" Doğu - 41° 52' 19" Kuzey
97	E13A007	Azdavay	Devrekâni Ç.	1097,60	815	33°18'3" Doğu - 41°38'28" Kuzey
98	D13A015	Cürümören	Devrekâni Ç.	729,00	924	33°30'8" Doğu - 41°35'58" Kuzey
99	D13A012	Turplar	Devrekâni Ç.	428,00	1013	-
100	D13A019	Kavraz	Değirmenözü D.	49,80	1091	33°0'47" Doğu - 41°0'40" Kuzey
101	D13A020	Kulaksızlar	Kulaksızlar Ç.	76,70	1084	33°55'0" Doğu - 41°38'0" Kuzey
102	D13A021	Çorbacı	Devrekâni Ç.	45,50	1094	33°56'49" Doğu - 41°37'24" Kuzey
103	D13A031	Musabey	Aydos Ç.	507,50	47	33°7'0" Doğu - 41°52'0" Kuzey
104	D13A073	Harmangeriş	Şehribani Ç.	458,60	284	33°10'40" Doğu - 41°47'18" Kuzey
105	E13A047	Değirmenci	Aydos Ç.	448,90	295	33° 11' 11" Doğu - 41° 46' 58" Kuzey
106	E13A044	Hatip	Aydos Ç.	440,90	325	33° 11' 45" Doğu - 41° 46' 38" Kuzey
107	D13A051	İlyasbey	Fakaz Ç.	156,50	50	33°20'0" Doğu - 41°59'0" Kuzey
108	D13A079	İlyasbey	Fakaz Ç.	151,40	10	33°21'55" Doğu - 42°0'37" Kuzey
109	D13A030	Çaykırı	Zarbana Ç.	416,30	7	33°36'0" Doğu - 41°59'0" Kuzey
110	E13A058	Çaykırı	Küre Ç.	422,60	20	33°36'48" Doğu - 41°58'12" Kuzey
111	E13A042	Çaydüzü	Küre Ç.	337,00	235	33° 37' 23" Doğu - 41° 55' 20" Kuzey
112	D13A082	İnebolu	İnebolu Ç.	113,40	6	33°45'34" Doğu - 41°58'36" Kuzey
113	D13A083	Küçük	Küçükçay	33,90	73	33°44'54" Doğu - 41°57'13" Kuzey
114	D13A084	Eskiköprü	İkiçay	74,40	70	33°45'19" Doğu - 41°57'18" Kuzey
115	D13A085	Salman	Salman Ç.	42,10	90	33°46'11" Doğu - 41°56'38" Kuzey
116	E13A059	Bozkurt	Ezine D.	355,20	30	34°0'33" Doğu - 41°57'29" Kuzey
117	D13A080	Çatalzeytin	Karaçay	117,80	15	34°13'23" Doğu - 41°56'14" Kuzey
118	E13A041	Ayancık	Ayancık D.	692,60	12	34° 35' 21" Doğu - 41° 56' 24" Kuzey
119	E13A022	Beyazıt Köprüsü	Baba Ç.	181,60	130	34° 33' 01" Doğu - 41° 52' 41" Kuzey
120	E13A021	Makasbaşı	Ayancık D.	250,40	200	34° 36' 30" Doğu - 41° 52' 19" Kuzey
121	E13A032	Hacılar Köprüsü	Karasu	340,00	20	35°1'57" Doğu - 41°59'57" Kuzey

EK D'nin devamı

122	D13A005	Hacılar Köprüsü	Karasu Ç.			
123	E13A023	Ramlı Köprüsü	Karasu	261,60	98	34°57'47" Doğu- 41° 54' 27"Kuzey
124	D13A050	Şamlıoğlu	İspa Ç.	17,00	85	35°2'54" Doğu - 41°50'57" Kuzey
125	D13A075	Yenikent	Keyden D.	19,40	244	35°12'33" Doğu - 41°43'15" Kuzey
126	E13A026	Kerim Köprüsü	Kanlıçay	600,80	53	35° 21' 15"Doğu- 41°40'33" Kuzey