



**EFLANİ ÇAYI HAVZASI'NIN (KARABÜK,  
SAFRANBOLU) HİDROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN  
SAPTANARAK TAŞKIN VE KURAKLIK ANALİZ  
SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**2024  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Nuredden Abdulfthah Rajab ALFADLI**

**Tez Danışmanı  
Prof. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN**

**EFLANİ ÇAYI HAVZASI'NIN (KARABÜK, SAFRANBOLU) HİDROLOJİK  
ÖZELLİKLERİNİN SAPTANARAK TAŞKIN VE KURAKLIK ANALİZ  
SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Nuredden Abdulfthah Rajab ALFADLI**

**Tez Danışmanı**

**Prof. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN**

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

**KARABÜK**

**Şubat 2024**

Nuredden Abdulfthah Rajab ALFADLI tarafından hazırlanan “EFLANİ ÇAYI HAVZASI’NIN (KARABÜK, SAFRANBOLU) HİDROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN SAPTANARAK TAŞKIN VE KURAKLIK ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN

.....

Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 05/02/2024

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç.Dr. Ertuğrul ESMERAY (KBÜ)

.....

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

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ercan GEMİCİ (BARÜ)

ONLINE

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

Doç. Dr. Zeynep ÖZCAN

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

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

Nuredden Abdulfatah Rajab ALFADLI

## ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

### **EFLANİ ÇAYI HAVZASI'NIN (KARABÜK, SAFRANBOLU) HİDROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN SAPTANARAK TAŞKIN VE KURAKLIK ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Nuredden Abdulfthah Rajab ALFADLI**

**Karabük Üniversitesi**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Prof. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN**

**Şubat 2024, 91 sayfa**

Türkiye'nin de aralarında bulunduğu Doğu Akdeniz ülkeleri iklim değişikliğine karşı hassastır. Çalışma alanı, çok sayıda sel ve su baskını olayının yaşandığı, kuraklık olaylarının da ortaya çıkmaya başladığı Batı Karadeniz bölgesinde yer almaktadır.

Bu çalışmada kanyonlar ve göller gibi birçok turistik mekanı bünyesinde barındıran Eflani Nehri Havzası'nın hidrolojik ve hidrojeolojik özellikleri analiz edilmiştir. Şimdiye kadar Eflani Nehri Havzası için akademik hidrolojik çalışma yapılmamıştır. Bu amaçla, yerinde ve laboratuvar testlerinde kullanılmak üzere üç nehir ve bir gölet seçilmiştir. Yağmurlu ve kurak dönemlerde çoklu parametre kullanılarak yerinde ölçümler yapılmış ve kimyasal ve izotopik amaçlı örnekler toplanmıştır. Çalışma alanında kurak ve yağışlı dönemlerde ölçülen suyun elektriksel iletkenlik (EC), pH ve oksidasyon-indirgenme potansiyeli (ORP/Eh) değerleri sırasıyla 372  $\mu\text{S/cm}$  ile 456

$\mu\text{S/cm}$ , 7.55 ile 7.91 ve 320 mV ila 366 mV arasında değişmektedir. Sular Piper ve Schoeller diyagramına göre su  $\text{Ca-HCO}_3$  fasiyesine sahiptir. Oksijen-18-döteryum ve trityum izotop sonuçları, suların meteorik kökenli ve modern beslenime sahip olduğunu göstermektedir. Sular Türkiye İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği ve Dünya Sağlık rgt'nün içme suyu standartlarıyla karşılaştırıldığında, özellikle yağışlı dönemde suların büyük bir kısmının B, Al, Fe, As ve Se konsantrasyonları açısından standartları aştığı saptanmıştır. Bu kirlenmelerin, zengin mineral içeriğine sahip kayaçların doğal olarak yıkanmasından ve tarımsal faaliyetler sırasında gübre ve tarım ilaçlarının gelişigüzel kullanılmasından kaynaklanabileceğine inanılmaktadır. Eflani Nehri'ndeki taşkın analizleri Karabük, Cide ve Ovacık meteoroloji gözlem istasyonlarından alınan günlük maksimum yağış verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu istasyonlar en az 15 yıllık sürekli veriye sahip olup, havzanın etki alanı içerisinde yer almaktadırlar. Eflani Nehri Havzası için potansiyel taşkın debileri DSİ Sentetik ve Mockus yöntemlerine göre farklı tekerrür yılları için hesaplanmış ve Q100 ve CN80 için sırasıyla  $258 \text{ m}^3/\text{s}$  ve  $280 \text{ m}^3/\text{s}$  olarak saptanmıştır. Sentetik DSİ yöntemine dayalı 100 yıllık taşkın debisine göre Eflani Nehri mansabındaki yüzey suyu seviyesinin ilgili arazi ve topoğrafik koşullar altında ve dar kesitlerde yaklaşık 5 metreye kadar çıkabileceği belirlenmiştir.

Ayrıca Eflani Havzası için 1965-2022 yılları arasında havza çevresindeki (Karabük ve Bartın) yağış gözlem istasyonlarından alınan aylık toplam yağış ve ortalama aylık sıcaklık verileri kullanılarak kuraklığa duyarlılık analizleri yapılmıştır. Bu amaçla Standart Yağış İndeksi (SPI) ve Keşif Kuraklık Endeksi (RDI) kullanılmıştır. Bölge genelinde kuraklık dönemlerinin yüzdesi %39 ila %60 arasında değişmektedir. Aylık ölçekte en yüksek kuraklık dönemi Nisan 2005-2006'da kaydedilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre çalışma alanı ve çevresinin hem taşkın ve kuraklık felaketlerine hem de su kirliliği kaynaklarına karşı hassas olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Sözcükler :** Taşkın Analizi, DSİ Sentetik Yöntemi, Kuraklık Analizleri, Standart Yağış İndeksi (SPI), Keşif Kuraklık İndeksi (RDI), Eflani ayı Havzası (Karabük, Safranbolu, Türkiye)

**Bilim Kodu :** 91106

## **ABSTRACT**

**Master Thesis**

**EVALUATION OF THE FLOODING AND DROUGHT ANALYSIS  
RESULTS BY DETERMINING THE HYDROLOGICAL  
CHARACTERISTICS OF THE EFLANI RIVER BASIN (KARABÜK,  
SAFRANBOLU)**

**Nuredden Abdulftah Rajab ALFADLI**

**Karabük University**

**Institute of Graduate Programs**

**Department of Civil Department**

**Thesis Advisor:**

**Prof. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN**

**February 2024, 91 pages**

Eastern Mediterranean countries, including Turkey, are susceptible to climate change. The study area is located in the Western Black Sea region, where many floods and inundations have occurred, and drought events have also started to emerge.

This study analysed the hydrological and hydrogeological characteristics of the Eflani River Basin, which contains many tourist attractions such as canyons and lakes. No academic hydrological studies have been conducted for the Eflani River Basin. For this purpose, three rivers and a pond were selected to conduct on-site and laboratory tests. On-site measurements were performed using a multiparameter during rainy and dry periods, and chemical and isotopic samples were collected. The electrical conductivity (EC), pH, and oxidation-reduction potential (ORP/Eh) values of water

measured in the study area during dry and rainy periods ranged from 372  $\mu\text{S}/\text{cm}$  to 456  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 7.55 to 7.91, and 320 mV to 366 mV, respectively. According to the Piper and Schoeller diagram, the water has a Ca-HCO<sub>3</sub> facies. Oxygen-18-deuterium and tritium isotope results indicate that the water is of meteoric origin and has recently recharged. The water was compared with the Turkish Water Regulations for Human Consumption and the World Health Organisation standards for drinking water, and it was found that most of the water exceeded the concentrations of B, Al, Fe, As, and Se, especially during the rainy period. It is believed that these contaminants may originate from the natural leaching of rocks with rich mineral content and the indiscriminate use of fertilisers and pesticides during agricultural activities.

The flood in the Eflani River was also analysed using maximum daily rainfall data from Karabük, Cide, and Ovacık stations. These stations have continuous data for at least 15 years near the basin and are located within the basin's influence area. The potential flood flows for the Eflani River Basin were calculated for different years according to the synthetic DSI and mockus methods and were estimated at 258 m<sup>3</sup>/s and 280 m<sup>3</sup>/s for Q100 and CN80, respectively. According to the 100-year flood flow rate based on the synthetic DSI method, it was determined that the surface water level downstream of the Eflani River could rise to approximately 5 metres under the relevant terrain and topographical conditions and in narrow sections.

In addition, drought sensitivity analyses were performed for the Eflani Basin using data on monthly total precipitation and average monthly temperatures from precipitation monitoring stations around the basin (Karabük and Bartın) between the years 1965 and 2022. For this purpose, the Standardised Precipitation Index (SPI) and the Reconnaissance Drought Index (RDI) were used. The percentage of drought periods throughout the region ranged from 39% to 60%. The highest drought period on a monthly scale was recorded in April 2005–2006. According to the results of the study, it was found that the study area and its surrounding areas were vulnerable to both flood and drought disasters and sources of water pollution.



**Key Word** : Flooding Analysis, DSİ Synthetic Method, Drought Analysis, Standard Precipitation Index (SPI), Reconnaissance Drought Index (RDI), Eflani River Basin (Karabük, Safranbolu, Türkiye)

**Science Code** : 91106

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalıŐmasının planlanmasında, araŐtırılmasında, yürütülmesinde ve değerlendirilmesinde ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıŐmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın tez danışman hocam Prof. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN'e sonsuz Őükranlarımı sunar ve tüm kalbimle teşekkür ederim.

Ayrıca maddi destek sağlayan Karabük Üniversitesi'nin PAB (Proje no :KBÜBAP-23-YL-064) ve saha çalışmalarında yanımızda olup destek veren Sayın Cemil BELDER'e teşekkürlerimi sunuyorum.

Ayrıca tezin saha çalıŐmalarını birlikte yürüttüğümüz, çalışmanın başından sonuna kadar bana yardımcı olan dostum ve çalışma arkadaşım Abdullah Yaseen QASIM'a teşekkür ediyorum.

Hayatım boyunca bana destek olan anneme, babama ve tüm aileme teşekkür ederim.

Özellikle Libya ve Türkiye'deki dostlarıma teşekkür eder, Türkiye'ye gelişim ve çalıŐmalarım için bana maddi destek sağlayan ülkem Libya'ya

Teşekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	ix
İÇİNDEKİLER .....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xvi
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
1.1. TAŞKIN .....	2
1.1.1. Taşkın Nedenleri .....	4
1.1.1.1. Havzanın Meteorolojik Özellikleri .....	4
1.1.1.2. Havzanın Şekli ve Büyüklüğü .....	6
1.1.1.3. Zeminin Sıcaklığı.....	7
1.1.1.4. Bitki Örtüsü.....	7
1.1.1.5. Eğim.....	7
1.1.1.6. Depolama Kapasitesi .....	7
1.1.1.7. İnsan Faktörleri .....	8
1.1.2. En yaygın Taşkın Türleri .....	8
1.1.2.1. Nehir Taşkınları .....	8
1.1.2.2. Kıyı Taşkınları .....	8
1.1.2.3. Yıkıcı Seller .....	9
1.1.2.4. Çamurlu Seller .....	9
1.1.3. Taşkın Olumsuz Etkileri .....	9
1.1.3.1. Ekonomik Etkiler .....	9
1.1.3.2. Sağlık Etkileri .....	10
1.1.4. Taşkın ve İlgili Tehlikelerden Korunma .....	10
1.1.4.1. Taşkın Kontrolü .....	11

	<u>Sayfa</u>
1.2. KURAKLIK .....	11
1.2.1. Kuraklık Sınıflandırılması .....	12
1.2.2. Kuraklığın Etkileri .....	12
1.3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	14
BÖLÜM 2 .....	19
ÇALIŞMANIN AMACI .....	19
2.1. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI.....	19
2.1.1. Çalışma Alanının Konumu .....	19
2.1.2. Çalışma Lokasyonları .....	20
2.2. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJISI.....	24
BÖLÜM 3 .....	26
MATERYAL VE METOT .....	26
3.1. SULARDA ÖLÇÜLEN FİZİKSEL VE İZOTOPIK PARAMETRELER.....	29
3.1.1. pH .....	29
3.1.2. Oksidasyon-İndirgenme Potansiyeli (ORP) .....	30
3.1.2.1. Elektriksel İletkenlik (EC) .....	31
3.1.2.2. Toplam Çözünmüş Katı Maddeler (TDS).....	31
3.1.3. Tritiyum ile Yeraltısuyu Yaşlarının Tayini .....	32
3.1.4. Oksijen-18-Döteryum İlişkisi .....	33
3.2. TAŞKIN ANALİZLERİ.....	33
3.2.1. Havzanın Modellenmesi .....	34
3.2.2. Yağış Alanlarının Dağılımı ve Yağış Değerlerinin Hesaplanması.....	35
3.2.3. Taşkın Debi Hesabı .....	35
3.2.3.1. DSİ Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi Kullanılarak Yapılan Taşkın Debi Hesabı.....	35
3.2.3.2. Mockus Birim Hidrograf Yöntemi Kullanılarak Yapılan Taşkın Debi Hesabı.....	35
3.3. KURAKLIK ANALIZI.....	36
3.3.1. Standart Yağış İndisi (SPI) .....	36
3.3.2. Keşif Kuraklık İndisi (RDI).....	38

	<b><u>Sayfa</u></b>
BÖLÜM 4 .....	40
BULGULARI VE TARTIŞMA .....	40
4.1. HIDROLOJİK VE HIDROJEOLOJİK ÖZELLİKLER.....	40
4.1.1. Genel Kimyasal Değerlendirme .....	40
4.1.2. Sulama Suyu Açısından Değerlendirme .....	42
4.1.3. Suların İçme Suyu Kaynağı Olarak Uygunluğunun Değerlendirilmesi .	44
4.1.4. İzotop Verilerinin Değerlendirilmesi.....	48
4.1.4.1. Tritiyum İle Suların Yaşlarının Tayini.....	48
4.1.4.2. Oksijen 18 – Döteryum İzotopları Değerlendirmesi.....	49
4.2. TAŞKIN ANALİZİ .....	50
4.2.1. Havza Modellemesi .....	50
4.2.2. Taşkın Debi Hesabı .....	52
4.2.2.1. DSİ Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi Kullanılarak Yapılan Taşkın Debi Hesabı .....	52
4.2.2.2. Mockus Birim Hidrograf Yöntemi Kullanılarak Yapılan Taşkın Debi Hesabı .....	54
4.2.3. Taşkın Yayılım Alanları .....	55
4.3. KURAKLIK ANALİZİ .....	56
4.3.1. Karabük Yağış Gözlem İstasyonunda SPI Meteorolojik Kuraklık Analizi .....	57
4.3.2. Bartın Yağış Gözlem İstasyonunda SPI Meteorolojik Kuraklık Analizi	63
4.3.3. Karabük Yağış Gözlem İstasyonunun RDI Meteorolojik/Tarımsal Kuraklık Analizi.....	69
4.3.4. Bartın Yağış Gözlem İstasyonunun RDI Meteorolojik/Tarımsal Kuraklık Analizi.....	72
BÖLÜM 5 .....	76
SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	76
KAYNAKLAR .....	80
ÖZGEÇMİŞ .....	91

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 1.1.	100 yıllık tekerür süreli taşkın akımından önce ve sonraki şematik bir nehir kesiti .....	2
Şekil 1.2.	Türkiye'deki taşkın alanlarının dağılımı .....	4
Şekil 1.3.	1955'ten 2020'ye kadar Türkiye'deki taşkın olay sayıları .....	6
Şekil 1.4.	Türkiye'deki bir taşkın örneği .....	10
Şekil 1.5.	Hidrolojik kuraklık .....	12
Şekil 2.1.	Çalışma alanının yer bulduru haritası .....	20
Şekil 2.2.	Çalışma alanının ana havzası ve örnekleme noktaları (Yeraltı suları ölçüm sonuçlarına bu çalışma kapsamında yer verilmemiştir). .....	21
Şekil 2.3.	Ortakçı Göleti (EG-1) ölçüm noktası. ....	21
Şekil 2.4.	Hasan Çayı (KD-1) ölçüm noktası. ....	22
Şekil 2.5.	Eflani Çayı (KD-2) ölçüm noktası. ....	22
Şekil 2.6.	Eflani Deresi Çevrik Köprü (KD-3) ölçüm noktası. ....	23
Şekil 2.7.	Eflani Çayı mansap konumları .....	23
Şekil 2.8.	Çalışma alanının jeolojisi .....	25
Şekil 3.1.	Multiparametre ölçüm cihazı. ....	27
Şekil 3.2.	Çalışma alanlarından alınan su örnekleri. ....	28
Şekil 3.3.	Muline ile debi ölçümü. ....	28
Şekil 4.1.	Çalışma alanındaki suların Piper Diyağramı .....	41
Şekil 4.2.	Çalışma alanındaki suların Scholler Diyağramı .....	42
Şekil 4.3.	Çalışma alanındaki suların ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyağramı. ....	43
Şekil 4.4.	Çalışma alanındaki suların Wilcox Diyağramı. ....	44
Şekil 4.5.	Çalışma alanındaki bazı kaynakların Oksijen-18-Döteryum grafiği. ....	49
Şekil 4.6.	Çalışılan alanın havza modellemesi. ....	51
Şekil 4.7.	Çalışma alanının yağış gözlem istasyonlarının Theissen yöntemi ile mekansal dağılımları .....	51
Şekil 4.8.	DSİ Sentetik Yöntemi birim hidrografı .....	53
Şekil 4.9.	Mockus Yöntemi birim hidrografı. ....	55
Şekil 4.10.	Eflani Çayı mansap alt havzası'nın Q100 debisine göre belirlenen taşkın yayılım alanları .....	56

Şekil 4.11. Eflani Çayı mansabında Hec-Ras yazılımı kullanılarak elde edilen herhangi bir en kesitin görünümü. ....	56
Şekil 4.12. Karabük Yağış Gözlem İstasyonu'nun aylık SPI değerlerinin kurak/nemli dönem dağılımları. ....	58
Şekil 4.13. Karabük Yağış Gözlem İstasyonu'nun 3, 6, ve 12 aylık SPI değerlerin kurak/nemli dönem dağılımları. ....	59
Şekil 4.14. Karabük Yağış Gözlem İstasyonu'nun SPI-1 aylık değerlerin zamansal analizi. ....	61
Şekil 4.15. Karabük'ün Yağış Gözlem İstasyonu'nun SPI-3, SPI-6 ve SPI-12 aylık değerlerin zamansal analizi. ....	62
Şekil 4.16. Bartın Yağış Gözlem İstasyonu'nun aylık SPI değerlerinin kurak/nemli dönem dağılımları. ....	64
Şekil 4.17. Bartın Yağış Gözlem İstasyonu'nun 3, 6, ve 12 aylık SPI değerlerin kurak/nemli dönem dağılımları. ....	65
Şekil 4.18. Bartın Yağış Gözlem İstasyonu'nun SPI-1 aylık değerlerin zamansal analizi. ....	67
Şekil 4.19. Bartın Yağış Gözlem İstasyonu'nun SPI-3, SPI-6 ve SPI-12 aylık değerlerin zamansal analizi. ....	68
Şekil 4.20. Karabük'ün Yağış Gözlem İstasyonu'nun RDI-1 aylık değerlerin zamansal analizi. ....	70
Şekil 4.21. Karabük'ün Yağış Gözlem İstasyonu'nun RDI-3, RDI-6 ve RDI-12 aylık değerlerin zamansal analizi. ....	71
Şekil 4.22. Bartın Yağış Gözlem İstasyonu'nun RDI-1 aylık değerlerin zamansal analizi. ....	73
Şekil 4.23. Bartın Yağış Gözlem İstasyonu'nun SPI-3, SPI-6 ve SPI-12 değerlerin zamansal analizi. ....	74

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2.1. Eflani Çayı'nın genel özellikleri.....	23
Çizelge 3.1. Clark ve Fritz tarafından önerilen kıtasal bölgeler için nitel yaklaşım	32
Çizelge 3.2. SPI sınıflandırması.....	37
Çizelge 3.3. RDI Keşif Kuraklık İndisine göre kuraklık sınıflandırması. ....	39
Çizelge 4.1. Çalışma alanındaki suların arazi ölçüm sonuçları. ....	41
Çizelge 4.2. Çalışma alanındaki suların kimyasal analiz sonuçları. ....	41
Çizelge 4.3. Çalışma alanındaki suların iz element sonuçları. ....	46
Çizelge 4.4. Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular (Sağlık Bakanlığı, 2005) ve Dünya Sağlık Örgütü Standartları (WHO-2006).....	47
Çizelge 4.5. Çalışma alanındaki bazı sularının izotop analiz sonuçları.....	48
Çizelge 4.6. Clark ve Fritz (1997)' in önerdiği kıtasal bölgeler için geçerli olan kalitatif yaklaşım .....	49
Çizelge 4.7. Havzayı etkileyen istasyonlar için farklı tekerrür yıllarına ait 24 saatlik yağış dağılım sonuçları. ....	52
Çizelge 4.8. Karabük istasyon ait Plüviyograf Katsayıları (Plv).....	52
Çizelge 4.9. CN 80 için DSİ Sentetik Yönteme göre hesap girdileri ve sonuçları. .	53
Çizelge 4.10. DSİ Sentetik Yöntemine göre taşkın debileri (m <sup>3</sup> /sn).....	53
Çizelge 4.11. CN 80 için Mockus Yönteme göre hesap girdileri ve sonuçları. ....	54
Çizelge 4.12. Mokus Yöntemine göre taşkın debileri (m <sup>3</sup> /sn).....	54
Çizelge 4.13. SPI Yöntemine göre kurak/nemli dönem dağılımları. ....	75
Çizelge 4.14. RDI Yöntemine göre kurak/nemli dönem dağılımları. ....	75



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
B	: Bor
Ba	: Baryum
Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
Cl	: Klorür
CN	: Siyanür
CO <sub>3</sub>	: Karbonat
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
D	: Yağış süresi
DCy	: Yılanlı Formasyonu
Df	: Ferizli Formasyonu
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
F	: Florür
Fe	: Demir
<sup>3</sup> H	: Tritiyum
Hg	: Civa
i	: Hidrolojik yıl
i	: Ortalama yağış miktarı
j	: Hidrolojik yıldaki ay
Jb	: Bürnük Formasyonu
K	: Havza katsayısı
km <sup>2</sup>	: Kilometrekare
KTab	: Abant Formasyonu

Ku : Ulus Formasyonu  
Lc : Çıkış noktası ile havzanın ağırlık merkezi arasındaki akarsu uzunluğu  
m<sup>3</sup> : Metreküp  
Mn : Mangan  
Mo : Molibden  
Na : Sodyum  
NH<sub>4</sub> : Amonyum  
Ni : Nikel  
NO<sub>2</sub> : Nitrit  
NO<sub>3</sub> : Nitrat  
Oa : Aydos Formasyonu  
ODe : Ereğli Formasyonu  
Os : Soğuksu Formasyonu  
Peş : Yedigöller Formasyonu  
PLV : Plüviyograf Katsayısı  
Pb : Kurşun  
Pm : Önceki gün yağış miktarı  
RDI : Keşif Kuraklık İndisi  
SPI : Standard Yağış İndisi  
S : Harmonik eğim  
Sb : Antimon  
Se : Selenyum  
SO<sub>4</sub> : Sülfat  
Tc : Toplanma süresi  
Tea : Akçapınar Formasyonu  
Tek : Kışlaköy Formasyonu  
Teka : Karabük Formasyonu  
Tes : Safranbolu Formasyonu  
Teso : Sogan Formasyonu  
Teyu : Yunuslar Formasyonu  
Tp : Hidroğrafın yükselme zamanı (saat)  
Tplö : Örencik Formasyonu  
Tr : Hidroğrafın alçalma süresi

- $P_i$  : Gerçekleşen yağış miktarı  
 $q_p$  : 1 mm'lik akış verimi  
 $Q_p$  : Pik debi  
 $Q_{ij}$  : Aylık akım miktarı  
 $\bar{p}_i$  : Ortalama yağış miktarı  
 $\bar{y}$  : Aritmetik ortalama  
 $\sigma$  : Standart sapma

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Tüm dünyayı tehdit eden sel ve kuraklık felaketleri ile su kirliliği nedeniyle hidrolojik çalışmalar daha da önem kazanmıştır. Su, yeryüzünde bilinen tüm yaşam biçimlerinin yanı sıra tarım, sanayi ve enerji üretimi gibi birçok faaliyet alanı için çok önemlidir. Son hesaplamalara göre, Dünya'da 1.386 milyon kilometreküp olarak tahmin edilen su olup bu suyun sadece %2.5'i içilebilir kalan %97.5'i ise tuzlu sudur [1].

Su, ve üreme gibi insan faaliyetleri için gerekli olup ve yaşamda temel bir maddedir. Su azlığı olan bir ülke olan Türkiye de kişi başına yılda yaklaşık 1555 m<sup>3</sup> su düşmektedir. Su potansiyelleri ve yağış dağılımındaki mevsimsel değişiklikler su yetersizliğine katkıda bulunmaktadır. Yüzeysel ve yeraltı sularındaki aşırı kirlilik, hızlı nüfus artışı, sanayinin genişlemesi ve tarımda artan gübre ve pestisit/herbisit kullanımından kaynaklanabilmektedir. Bazı su havzalarında azot, fosfor, kalsiyum, organik maddeler, kurşun, çinko ve ağır metaller gibi kirleticiler de yüksek konsantrasyonda bulunmaktadır. Bu kirlilikler ciddi sağlık sorunları yaratmakta ve su kirliliği bu hızla devam ederse bundan 25-30 yıl sonra sorunların geri dönüşü olmayacağı tahmin edilmektedir [2].

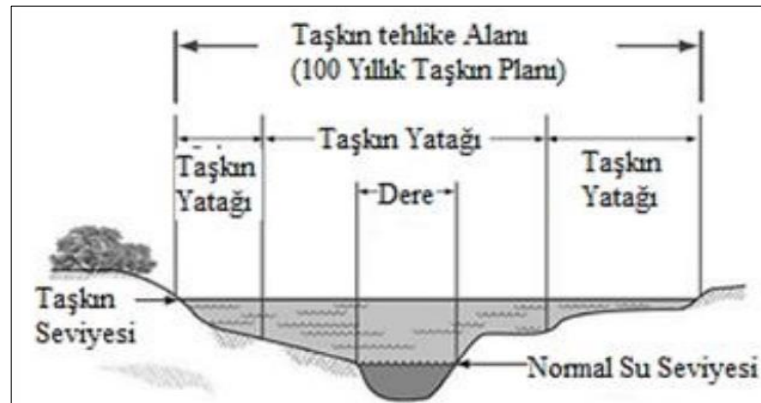
Çoğu ülke bugün su kaynakları üzerinde benzeri görülmemiş baskılarla karşı karşıya olup su kıtlığı dünya nüfusunun %40'ından fazlasını etkilemektedir. Son zamanlarda kronik su kıtlığı ve aşırı hava olayları (seller ve kuraklıklar) dünyanın karşı karşıya olduğu en büyük tehditleri oluşturmaktadır. Bu nedenle, insan faaliyetlerinden kaynaklanan hidrolojik belirsizlik ve karmaşıklık karşısında su güvenliğini artırmak için değişen bir çevrenin su kaynakları üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak arzu edilmektedir [3]. Hidrolojik ve ilgili süreçlere ve disiplinler arası bir arka plandan su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimine yardımcı olacak yeni modelleme teknikleri önem kazanmaktadır. Bunlar arasında su ekonomisi, su kaynaklarının korunması ve

optimal tahsisi, aşırı iklim olaylarına uyarlanmış su politikaları, karar destek sistemleri ve/veya karar alma çerçeveleri, su kıtlığı ve sel/kuraklık felaketlerinin risk değerlendirmesi, su kaynaklarının izlenmesi için bilgi sistemlerinin geliştirilmesi, modelleme, tahmin ve uyarı sistemlerinin yanı sıra yağmur suyu, atık su ve konvansiyonel olmayan su kaynakları için geri dönüşüm ve yeniden kullanım planları yer almaktadır [3].

İklim değişikliği, dünya çapında hidrolojik ve ilgili süreçleri yoğunlaştırmakta, karmaşıklığa kavuşturmakta ve böylece su güvenliğini etkilemektedir. Su havzalarında su, sediment, karbon ve besin maddelerinin birleşmesi, zorlu ve açıklığa kavuşturulması gereken büyük bir darboğazdır. Su kaynaklı malzemelerin taşınması ve ardından dönüştürülmesi, nehir ekosistemi sağlığını ve sera gazı emisyonlarını da etkileyebilmektedir. Bununla birlikte, bu süreçlerin çevresel değişime yanıt verme mekanizmaları büyük ölçüde bilinmemektedir. Bu sorunların ele alınması, su kaynaklarının rasyonel yönetimine ve dünyadaki su felaketlerine etkin bir şekilde müdahale edilmesine katkıda bulunacaktır [4-5].

## 1.1. TAŞKIN

Ani sağanak yağışlar ve kar erimeleri gibi nedenlerle taşkınlar ve suyun getirdiği süprüntü maddeler yerleşim ve tarım alanlarını etkileyebilmektedir. Taşkınlar tarım topraklarının alkalileşmesine neden olabilmektedir. Şekil 1 100 yıl tekerrür süreli taşkın şematik bir kesitini göstermektedir [6] (Şekil 1.1).

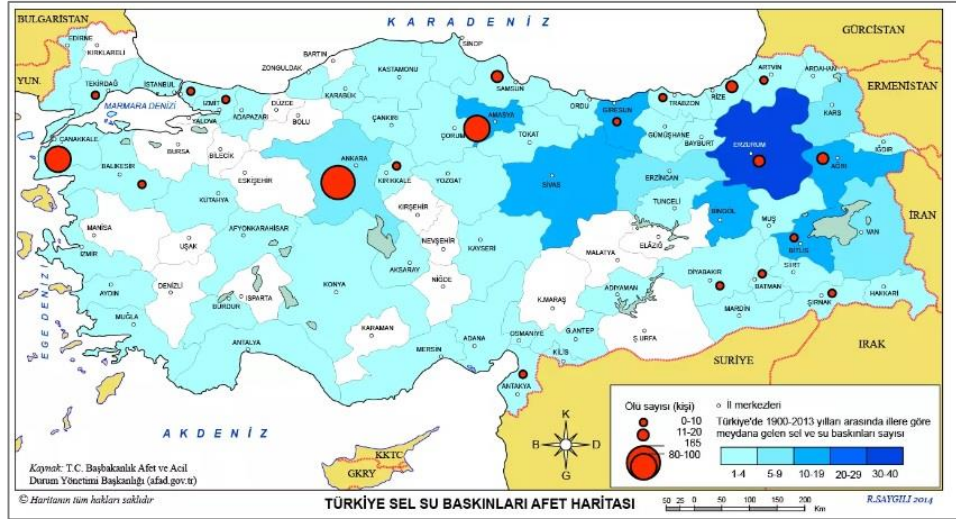


Şekil 1.1. 100 yıllık tekerür süreli taşkın akımından önce ve sonraki şematik bir nehir kesiti [6].

“Taşkın”, bilim adamlarının güçlü olduğunu düşündüğü bir akıntının meydana gelmesi, birçok farklı nedenden dolayı doğal olarak nehrin dibinden taşmasına neden olması ve daha sonra onu çevreleyen birçok araziye, ister arazi ister yerleşim yeri olsun, altyapı ve altyapı ve tesislerdeki teknik yapı ve tesislere zarar vermesidir. Canlı organizmalar ve bu nedenle, zarar gören alanda, sosyal veya ekonomik veya her ikisi de bölgedeki faaliyetleri bozabilir [7]. Ayrıca, bir nehrin aşağıdan veya yatağından taşması, çevredeki topraklara veya diğer çeşitli nedenlere zarar verebilir ve bu da etkilediği bölgedeki sosyal ve ekonomik faaliyetlerin bozulmasına yol açar [8, 9]. “Taşkınlar” her yıl sayısız ölüme ve ekonomik hasara neden olabilir. Üstelik özellikle son yıllarda dünya genelinde yaşanan küresel ısınma ve çiftçilerin bilinçsizce toprak kullanması, “taşkınlar” baskınlarının da önemli ölçüde artmasına neden olmuştur. Bu taşkınlar, çok önemli maddi hasara ve can kaybına neden olabilecek doğal afetlerdir [10]. Şekil 1.2'de Türkiye'nin son yıllarda tanık olduğu “taşkınların” dağılımı görülmektedir

Maksimum debi, maksimum su seviyesi ve “taşkın” hacmi “taşkınları” tanımlamak için kullanılmaktadır. Barajları geliştirmek ve daha sonra “taşkınları” yayan yerleri belirledikten sonra yanına ve nehir yatağı boyunca inşa etmek için, su seviyeleri ve orada ulaştıkları en yüksek seviyeler hakkında bilgi sahibi olmak gerekir. Köprüler, menfezler ve taşkın kanalları gibi mühendislik yapıları tasarlanırken maksimum akış hızı dikkate alınır. “Taşkın” yönetimi için depolama yapılarını tahmin ederken, “taşkın” büyüklüğü de dikkate alınması gereken çok önemli bir bileşen olabilir [9].

2023 yılında küresel ölçekte insanlığın şimdiye kadar karşılaştığı en feci doğal afetler arasında yer alan sel felaketleri nedeniyle binlerce can kaybedilmiştir. Devam eden sel nedeniyle hemen hemen her ülkede hasar ve can kaybı bildirilmiştir. Örneğin Libya'nın doğusunda 10 Eylül'de "Daniel Fırtınası" ve seller nedeniyle yaklaşık 4300'den fazla kişi hayatını kaybetmiştir. Bunun sonucunda yaklaşık 40.000 kişi evlerini terk etmek zorunda kalmıştır. Etkilenen doğu bölgelerinde altyapılarının neredeyse %70'i zarar görmüştür [10].



Şekil 1.2. Türkiye'deki taşkın alanlarının dağılımı [11].

### 1.1.1. Taşkın Nedenleri

#### 1.1.1.1. Havzanın Meteorolojik Özellikleri

Taşkın nehir havzasında meydana gelen meteorolojik olaylardan doğrudan etkilenmekte, yağış, sıcaklık ve rüzgar dahil olmak üzere bir dizi meteorolojik unsur sellerin meydana gelmesinden sorumlu olmaktadır. Aşırı miktardaki yağış meydana geldiğinde sızma için yeterli zaman kalmamakta, yüzey akışında bir artışa neden olmakta ve bu durum taşkınlara neden olabilmektedir [12]. Yağmur, kar ve dolu, havanın getirebileceği en yaygın üç yağış türüdür. Yağmur şiddetine ve süresine bağlı olarak kısa sürede taşkınların oluşmasında rol oynayabilmektedir. Karların uzun sürede erimesi daha çok yeraltı ve yeraltı sularında bulunan su miktarının artmasına neden olabilmektedir [13]. Drenajı zayıf olan dağlık bölgelerde kar'ın hızlı erimesi ise ciddi sel felaketine neden olabilmektedir.

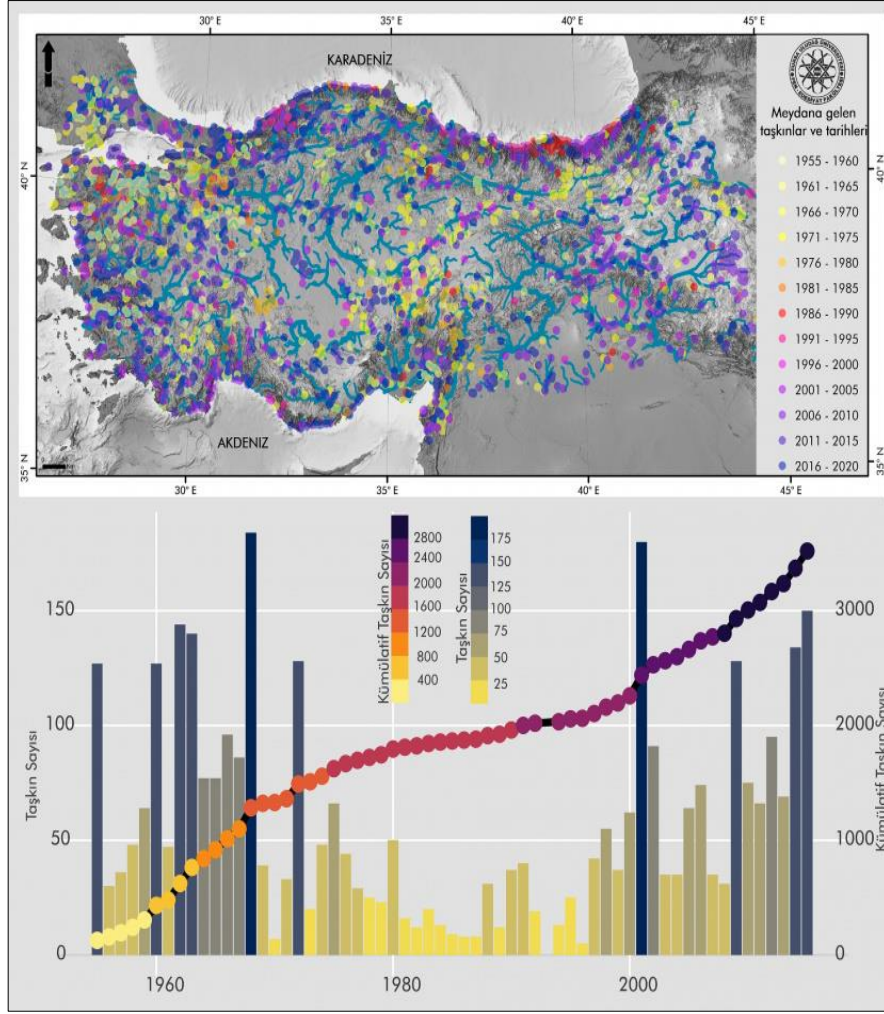
Yağmur ve kar taşkınları esas olarak hidrograflarında farklılık göstermektedir. Yağmur kaynaklı taşkın hidrografı, yüksek bir akış hızına ve kısa süredeki bir taşkın pikine sahipken kar taşkın hidrograflarının pike ulaşması daha uzun sürmektedir. Kar erimesi akışları, yüksek akış hızlarına neden olan yağmur akışlarından önemli ölçüde daha büyüktür. Şiddetli yağmurlar ve hızlı kar erimesi yan kol seviyelerini yükseltirse, mansap havzasında ciddi zarar verici seller meydana gelebilmektedir [14].

Sıcaklık donma noktasının üzerine çıktığında yağmur dolu olarak düşmekte ve kar'dan daha çabuk eridiği için yüzey drenajına daha çabuk dönüşmektedir. Özdemir (1978)'e göre dolu, sel üzerinde kardan daha büyük bir etkiye sahiptir [15].

Taşkınları etkileyen bir diğer hava değişkeni de sıcaklıktır. Taşkın hidrografı ve yağış tipi, bir taşkın sırasında meydana gelen sıcaklık değişiminden etkilenmektedir. 0°C'nin üzerindeki sıcaklıklar yağmur getirirken, 0°C'nin altındaki sıcaklıklar kar getirmektedir. Sonuç olarak bu durumda taşkın hidrografının şeklini değiştirmektedir. Ülkemizde özellikle bahar ayları olan Mart ve Nisan aylarında havanın hızla ısınması, karların erimesi ve kuvvetli yağışlarla birleştiğinde beklenmedik seller meydana gelebilmektedir [16].

Rüzgar, taşkına neden olabilecek başka bir hava unsurlardan biridir. Kar eritme etkisi nedeniyle rüzgar taşkınları hızlandırabilmektedir. Ayrıca basınç ve nem de taşkınları dolaylı olarak etkileyen diğer unsurlardır [15]. Yerkürenin dengesiz olduğu ve taşıma kapasitesinin sınırlı olduğu bölgelerde, yoğun yağışlardan sonra heyelanlar meydana gelebilmekte, heyelanlar ve büyük toprak kütlelerinin dereye doğru göçü nedeniyle dere segmenti daralabilmekte ve sellerin neden olduğu çevresel zararları artırabilmektedir. Gelen sedimentler köprüler, menfezler ve diğer yapıların kesitlerini tıkayabilmektedir [17]. Şekil 1.3 1955-2020 yılları arasında Türkiye'de meydana gelen taşkın olay sayısını göstermektedir [18].





Şekil 1.3. 1955'ten 2020'ye kadar Türkiye'deki taşkın olay sayıları [18].

### 1.1.1.2. Havzanın Şekli ve Büyüklüğü

“Taşkın” zirveye ulaşması için geçen süreyi ve havzadan boşaltılan su miktarını etkileyen doğal değişkenlerden biri olarak havzanın şeklidir. Havzanın mansabında oluşacak bir “taşkın” hidrografi incelendiğinde, uzun ve ince havzalarda “taşkın” toplanma süresinin daha uzun, kısa ve yuvarlak havzalarda ise daha kısa olduğunu görmek mümkündür. Aynı alana sahip iki havzayı karşılaştırırken durum böyledir. Kendi'ye (2019) göre, “taşkın” debisinin çıkış noktasına ulaşması daha uzun süreceği için uzun havzalarda “taşkın” debisinin maksimum değeri daha düşüktür. Öte yandan, “taşkın” debisi daha kısa sürede çıkış noktasına ulaşacağı için yuvarlak ve kısa havzalarda “taşkın” debisinin maksimum değeri daha yüksektir [17].

### **1.1.1.3. Zeminin Sıcaklığı**

Zeminin üzerinden akan suyun sadece bir kısmı, daha önceki yağışların bir sonucu olarak zemin neme yeterince doyurulursa filtrelenebilir. “Taşkınlar”, zeminin doymuş olmasının sonucudur. Ayrıca, yağış ve kar erimesi sonucu yüzey akışına girebilecek su miktarı ilkbaharda daha fazla olacaktır. Bununla birlikte, sonbaharda, daha az yağış olduğunda ve sıcaklık daha yüksek olduğunda, doygunluk derecesi daha düşük olacak ve yağmur suyu toprağın daha derinlerine sızmaya başlayacaktır. Nemli ve soğuk sonbaharlarda daha fazla miktarda yüzey akışı olacaktır [19].

### **1.1.1.4. Bitki Örtüsü**

“Taşkınlar”, bitki örtüsü ile hafifletilebilir, çünkü yüzey akışını yavaşlatır ve suyun toprağa sızmasına izin verir, böylece selin şiddetini azaltır. Drenaj bölgesinin yeterli miktarda bitki örtüsüne sahip olmaması durumunda, yağıştan filtrelenen su miktarı düşecek, yüzey suyu miktarı ise daha sonra artacaktır. Bu nedenle yataktaki su seviyesi yükselecektir. Bu gibi havzaların kaynak sularında ağaçlandırma yapılmasının tavsiye edildiği zamanlar vardır [16].

### **1.1.1.5. Eğim**

Havzanın dik eğiminin bir sonucu olarak, yüzey akış hızı artar ve süzülme aktivitesi azalır. Sonunda nehir yatağına ulaşacak su miktarı, derenin hızıyla orantılı olarak artacaktır. Uçar (2010) ve Ward ve Stanley (2004) tarafından belirtildiği gibi, daha yüksek eğimli havzada zirveye ulaşmak için geçen süre daha kısadır ve “taşkın” akışı daha yüksektir. Aynı “taşkın” hacmine sahip iki havzayı karşılaştırırken durum böyledir [16, 20].

### **1.1.1.6. Depolama Kapasitesi**

Drenaj alanında bulunan çukurlarda oluşacak yüzey depolamalarının bir sonucu olarak taşkın pikinde önemli bir düşüş olacaktır. Dolin gibi karstik jeolojik yapıya sahip yapılarda oluşan sızma ve yeraltı akışı nedeniyle taşkın etkisini azaltabilir. Zaman

zaman yeraltısularında depolanmalar, beklenen ani taşkının şiddetini artırarak daha yıkıcı olabilmektedir. Ayrıca, yeraltı akiferinin kapasitesi ve akarsu kollarının sıklığı, taşkını etkileyen diğer doğal faktörlerden bazılarıdır [16].

#### **1.1.1.7. İnsan Faktörleri**

Taşkın oluşmasında insan etkisi çok önemlidir. Taşkın oluşabilmesinde jeolojik ve meteorolojik koşullar değişimini yanında [16], Dere yataklarının örtülmesi, yol ve bentlerin yapımı sırasında dere yataklarının kesitinin daraltılması, kuleye benzeyen ancak uygun büyüklükte olmayan menfez ve geçiş yapılarının yapılması, teknik açıdan sağlam olmayan ve izin verilmeyen köprülerin yapılması, dere yataklarından izinsiz malzeme çıkarılması, ve dere yataklarının plansız kentleşmesi [21] gibi insan kaynaklı faktörler de taşkın oluşumunda etkili faktörlerdendir.

#### **1.1.2. En yaygın Taşkın Türleri**

##### **1.1.2.1. Nehir Taşkınları**

Nehir taşkınları, nehir yatağı kapasitesinden daha yüksek bir oranda sürekli yağış veya kar erimesi ile oluşan taşkın türü ile karakterize edilmektedir. Belirli mevsimlerde meydana gelen kuvvetli yağmurlar, tropikal siklonlar, volkanlar, rüzgarlar ve kar oluşumunu değiştiren sıcak sağanaklar onu üreten faktörler arasında yer almaktadır. Ayrıca yavaş su baskınları, toprak kayması, kar veya enkaz gibi beklenmedik drenaj engellerinden de oluşabilmektedir [22, 23].

##### **1.1.2.2. Kıyı Taşkınları**

Denizdeki çok güçlü fırtınalar nedeniyle veya başka bir felaketin sonucu olarak (örneğin bir kasırga veya tsunami gibi) oluşabilmektedirler. Bu tür bir fırtına dalgasının bir örneği, tropikal bir siklondan veya ekstatropikal bir siklondan kaynaklanan bir fırtına dalgasıdır [24].

### **1.1.2.3. Yıkıcı Seller**

Baraj yıkılması gibi büyük ve beklenmedik bir olaydan veya başka bir tehlikenin (deprem veya volkanik patlama gibi) bir sonucu olarak meydana gelen afetlerdendir [23].

### **1.1.2.4. Çamurlu Seller**

Çamurlu taşkınlar (seller), tarım arazileriyle sonuçlanan taşkınlardır. Çamurlu taşkınlar, tarım arazilerinde yüzey akışının birikmesinden kaynaklanmaktadır. Ardından, asılı bir malzeme oluşturan akış meydana gelebilmektedir [22, 23].

### **1.1.3. Taşkın Olumsuz Etkileri**

Taşkınlar aynı zamanda büyük bir yıkıcı güç olabilir. Taşkınlar köprüler, yapılar, evler, ağaçlar ve arabalar gibi her türlü bina ve nesneyi yıkma özelliğine sahiptirler. Ekonomik, sosyal ve doğal çevresel zararlar, taşkın olaylarından etkilenen yaygın faktörlerdir [24].

Sellerin insan toplumları üzerinde yıkıcı etkileri olabilir. Dünya çapında taşkın/sel olaylarının sıklığı ve şiddeti artmakta ve bu da toplumlar için can ve mal kayıplarının artmasına neden olmaktadır [24]. Dünya nüfusunun büyük bir kısmı büyük kıyı şeridinde yakın yerlerde yaşarken [25], birçok büyük şehir ve tarım alanı taşkın yataklarının yakınında bulunmaktadır [26]. Değişen iklim koşulları nedeniyle artan kıyı ve akarsu taşkınları önemli riskleri oluşturmaktadır [27].

#### **1.1.3.1. Ekonomik Etkiler**

Taşkın/sel, ölümlere ve köprülerde, kanalizasyon sistemlerinde, otoyollarda ve kanallarda hasara neden olmaktadır. Bu nedenle taşkınların ciddi olumsuz ekonomik etkileri bulunmaktadır [28]. Bu olaylar her yıl milyarlarca dolar zarar vermekte ve geçim kaynaklarını tehdit etmektedir. Bu nedenle, taşkınlar, dünya çapında savunmasız topluluklar için büyük sosyo-ekonomik tehlikeler

oluşturmaktadır. 2007'de Bangladeş'te meydana gelen bir sel neredeyse bir milyon evi yok etmiştir ve ABD'de taşkınlar yılda 7 milyar dolarlık zarara neden olmaktadır [28]. Şekil 1.4 Türkiye'de meydana gelen bir taşkın örneğini göstermektedir.



Şekil 1.4. Türkiye'deki bir taşkın örneği [29].

#### **1.1.3.2. Sağlık Etkileri**

Su baskını öncesinde, sırasında ve sonrasında yaralanmalar ve ölümler meydana gelebilmektedir. Sel suları derin ve güçlü akıntılara sahiptir, bu da boğulma ile ölümlerine neden olabilmektedir [30]. Selde kurtarma personeli ve malzeme taşıyıcıları da yaralanabilmekte, sel suyuna düşen molozlar veya hızlı hareket eden nesnelere kazalara neden olabilmektedir. Ayrıca su kaynaklı enfeksiyonlar ve mikroplar bulaşıcı hastalıkları şiddetlenebilmekte, kanalizasyon sularının çevreye yayılması ve/veya içme sularına karışması nedeniyle kolera, hepatit A, E ve ishal gibi enfeksiyon hastalıkları oluşabilmektedir [30]. Taşkın vurduğunda, insanlar neredeyse tüm mahsullerini, hayvanlarını ve yiyecek rezervlerini kaybedebilmekte ve açlıkla karşı karşıya kalabilmektedirler [31].

#### **1.1.4. Taşkın ve İlgili Tehlikelerden Korunma**

#### **1.1.4.1. Taşkın Kontrolü**

Birçok ülke taşına meyilli akarsuları dikkatli bir şekilde yönetmektedir. Taşkın kanalları, seddeler, tersip bendi, çökeltme havuzları, barajlar taşkın kontrol yapıları arasında sayılabilmektedir. Bu savunmalar başarısız olduğunda taşkınları durdurmak için kum torbaları veya şişirilebilir tüpler kullanılabilir [32, 33, 34].

İnsan yapımı drenaj ve yağmur suyu altyapısının onarılması ve genişletilmesi kentsel taşkınları azaltabilir. Yeşil altyapı sokaklardaki, otoparklardaki ve binalardaki geçirimsiz yüzeyleri azaltmaktadır. Taşkın yatakları, ara sıra su baskınlarına dayanabilecek parklara ve oyun alanlarına dönüştürülebilir. Geliştiricilerin yerinde doğal akışı korumaları ve yükseltilmiş, sele karşı korumalı veya sele dayanıklı binalar inşa etmeleri gerekmektedir. Suyu binadan uzaklaştırmak için yeniden çevre düzenlemesi yapmak ve yağmur varilleri, pompalar ve çek valfler eklemek mülk sahipleri için diğer seçenekler arasında yer almaktadır [32, 33, 34].

#### **1.2. KURAKLIK**

Kuraklık bir çevre felaketidir ve birçok farklı alanda çalışan çevre jeologları, hidrojeologlar ve birçok bilim insanlarının ilgisini çekmektedir. Bu fenomen tipik olarak, tüm bir yıl veya tüm bir mevsim gibi uzun bir süre boyunca meydana gelen toplam yağış miktarındaki bir azalma ile bağlantılıdır [36]. Kuraklık, normalden daha kuru koşulların olduğu bir dönemdir ve "normal koşullardan daha kuru" veya "belirli bir yer ve mevsimdeki ortalama su mevcudiyetine göre bir nem açığı" veya "büyük bir alanda insanlar, hayvanlar veya bitki örtüsü üzerinde olumsuz etkilere neden olan nem eksikliği" gibi tanımlarla ifade edilebilmektedir. Bir kuraklık günlerce, aylarca veya yıllarca sürebilmektedir. Kuraklık genellikle etkilenen bölgelerin ekosistemleri ve tarımı üzerinde büyük etkilere sahiptir ve yerel ekonomiye zarar vermektedir [34, 36-40]. Kuraklıklar bir dizi etkiye neden olmakta ve genellikle iklim değişikliğinin su döngüsü üzerindeki etkileriyle daha da kötüleşmektedir. Fransa'da kuru bir nehir yatağı; kuraklık nedeniyle Somaliland'da kum fırtınası; Teksas'ta yüksek sıcaklık ve kuraklık nedeniyle tarım arzilerindeki problemler, 2020 yılındaki Avustralya'daki orman yangınların bu olumsuz duruma örnek verilebilmektedir.

### 1.2.1. Kuraklık Sınıflandırılması

Su döngüsünde nem eksikliğinin nerede meydana geldiğine bağlı olarak üç ana kuraklık kategorisi bulunmaktadır. Dört tür kuraklık vardır: meteorolojik kuraklık, hidrolojik kuraklık, çevresel kuraklık ve tarımsal kuraklık [36] (Şekil 1.5). Meteorolojik kuraklık, yağış yetersizliğinden kaynaklanmakta, hidrolojik kuraklık ise azalmış yüzey akışı, yüzeyaltı akışı, yeraltısuyu akışı ve rezervuar depolaması ile ilişkili olmaktadır. Tarımsal veya çevresel kuraklık ise buharlaşma ve düşük toprak neminin bir kombinasyonu nedeniyle bitki stresine neden olmaktadır [36]. Bazı kuruluşlar sosyoekonomik adıyla başka bir kategori de eklemektedir. Sosyoekonomik kuraklık, hava ile ilgili koşulların bir sonucu olarak ekonomik bir mala olan talep arzı aşıldığında ortaya çıkmaktadır [40, 41].



Şekil 1.5. Hidrolojik kuraklık [42].

### 1.2.2. Kuraklığın Etkileri

Meteorolojik kuraklık, uzun bir süre zarfında ortalamanın altında yağış meydana geldiğinde ortaya çıkmaktadır ve Meteorolojik kuraklık genellikle diğer kuraklık türlerinden önce oluşmaktadır [43, 44]. Kuraklık devam ettikçe çevresel koşullar daha da kötüleşiyor ve yerel halk üzerindeki etkisi de kötüleşiyor. Hidrolojik kuraklık ise, akiferler, göller ve rezervuarlar gibi kaynaklardaki mevcut su rezervleri yerel olarak önemli bir eşiğin altına düştüğünde ortaya çıkmaktadır. Hidrolojik kuraklık, kullanılan

ancak yenilenmeyen depolanmış suyu içerdiğinden daha yavaş meydana gelme eğilimindedir. Tarımsal kuraklıkta olduğu gibi, sadece yağış kaybından daha fazlasından kaynaklanabilmektedir. Örneğin, Kazakistan'a, daha önce Sovyetler Birliği tarafından yönetilen ve diğer ülkelere yönlendirilen Aral Denizi'nden su geri almak için 2007 civarında Dünya Bankası tarafından önemli miktarda para verildi [46]. Benzer koşullar, en büyük gölleri olan Balkhash'ı da tamamen kuruma riskiyle karşı karşıya bırakmıştır. Tarımsal veya çevresel kuraklık, genel olarak mahsul üretimini veya ekosistemleri etkilemektedir. Bu durum, artan sulama veya toprak koşulları ve kötü planlanmış tarımsal çabaların neden olduğu erozyon, mahsuller için daha az su ile sonuçlandığında, yağış seviyelerindeki herhangi bir değişiklikten bağımsız olarak da ortaya çıkabilmektedir [46].

### **1.2.3. Kuraklığın Etkilerinden Korunmanın Yolları**

Kuraklıktan korunma, hafifletme veya yardım stratejileri şunları içerebilmektedir:

- Barajlar: Birçok baraj ve ilgili rezervuarlar kuraklık zamanlarında ek su sağlamaktadır [47].
- Bulut tohumlama: Yağışı indüklemek için kasıtlı bir hava değişikliği şeklini ifade etmektedir [48].
- Arıtma: sulama veya tüketim amaçlı deniz suyunun arıtılmasını ifade etmektedir [48].
- Kuraklık izleme: Yağış seviyelerini sürekli olarak izlemek ve bunları mevcut seviyeleriyle karşılaştırmak olarak ifade edilebilir. Bu insan kaynaklı kuraklığın önlenmesinde yardımcı olarak kullanılabilir. Örneğin, Yemen'deki su tüketiminin incelenmesi, qat mahsulünü gübrelemek amacıyla su tablasının (yeraltı suyu seviyesi) aşırı kullanımıyla ilişkili önemli tehlikeler olduğunu göstermiştir [49]. Keetch-Byram Kuraklık İndeksi veya Palmer Kuraklık İndeksi'nin kullanılması, nem miktarlarını yakından izlemek için kullanılabilir başka bir yöntemdir [50] gibi ölçüm yöntemleri ile artan orman yangını riskini tahmin etmeye de yardımcı olabilmektedir [51, 52].



- Dikkatli bir şekilde planlanmış ürün rotasyonu yoluyla arazi kullanımı: Bu önlem erozyonun azaltılmasına yardımcı olabilmekte Ayrıca çiftçilerin kurak yıllarda daha az su gerektiren mahsuller yetiştirmesini mümkün kılabilir [53].
- Sulama yöntemi değişikliği: Dış mekan bitkilerinde, yüzme havuzlarının doldurulmasında ve diğer su yoğun ev bakım görevlerinde fiskiye, hortum veya kova kullanımını düzenleyerek dış mekan su kullanımını kısıtlanmasıdır [54, 55, 56].
- Yağmur suyu hasadı: Yağmur suyunun çatılardan veya diğer uygun su havzalarından toplanması ve depolanmasıyla ifade edilmektedir [57].
- Geri dönüştürülmüş su: Yeniden kullanım için suların arıtılmasını kapsamaktadır [50, 51].
- Kanallar inşa etmek veya nehirleri yeniden yönlendirmek: Kuraklığa eğilimli bölgelerde sulamaya yönelik büyük girişimler arasında yer almaktadır [50, 51].
- Biyokütle yemi: Artık biyokütle gibi yerel olarak mevcut bitki materyalinden kuraklık acil durum yemi üretimini ifade etmektedir [50, 51].

### 1.3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çalışma alanının ve yakın çevresinde önceki yıllarda hidrojeoloji amaçlı bir çalışma yapılmamıştır. Farklı araştırmacılar bölgede jeoloji ve maden yatakları araştırmaları yapmışlardır. Taşkın analizleri konusunda ise Eflani Çayı'ndaki taşkın analizine yönelik doğrudan bir çalışma bulunmamakla birlikte çalışma alanına yakın bölgelerde benzer çalışmalar bulunmaktadır. Çalışma alanı yakın çevresinde kuraklığın analizine yönelik bazı çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar incelenmiş ve şu şekilde özetlenebilmiştir:

Yıldırım vd. (2018), Silifke (Mersin) güneyinde yer alan Göksu Nehri'nin ana element içeriklerinde değişiklikler tespit etmişlerdir. Kurak ve yağışlı dönemlerin fiziksel ve kimyasal faktörlerini analiz edildiğinde, kurak dönemdeki konsantrasyonların yağışlı döneme göre daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Bu farklılığın sebebinin kuraklık döneminde buharlaşmanın artması, kanalizasyon suyu ve sulamadan dönen su gibi çeşitli kirli kaynaklardan nehirdeki karışık su miktarının artması olduğuna dikkat çekmişlerdir [58].

Keskin vd. (2018) tarafından akım gözlem istasyonuna sahip olmayan Eskipazar Çayı'nın taşkın analizi DSİ Sentetik Yöntemini kullanılarak yapılmıştır ve 100 yıllık taşkın debisi  $30.18 \text{ m}^3/\text{sn}$  olarak saptanmıştır [59].

Sönmez vd. (2012), 8 ayrı İstanbul derelerinin için taşkın debisi hesaplamışlardır. Debi hesabı için sentetik yöntemlerden Synder yöntemi, Kirpich yöntemi ve Mockus yöntemini kullanmışlardır [60].

Üçüncü (2018), Kırıkkale Karadere için yaptığı yüksek lisans tezinde taşkın debilerini DSİ Sentetik ve Mockus yöntemlerini kullanarak hesaplamıştır [61].

Doğu (2016), yılında “Kırıkkale Çoruhözü Deresinin taşkın pik debilerinin hesaplanması ve bir boyutlu modellenmesi” isimli tezinde Çoruhözü Deresinin taşkın debisini hesaplayarak üzerinde bulunan kesitlerin yeterli olup olmadığını HEC-RAS yardımıyla incelemiştir [62].

Uşşay ve Aksu (2002), “Ülkemizde taşkınlar, nedenleri, zararları ve alınması gereken önlemler” isimli çalışmalarında taşkınların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması için önerilerde bulunmuşlardır [63].

Ulu ve Aydın (2017) tarafından menfezlerin hidrolik hesapları konulu çalışmalarında  $2.35 \text{ km}^2$  drenaj alanındaki bir derenin taşkın debisini Rasyonel Metot ile hesaplanmıştır [64].

Topuksak (2021) tarafından hazırlanan “Menfezlerin projelendirilmesinde taşkın debisi saptama yöntemlerinin irdelenmesi” başlıklı tez çalışmasında, 2016 yılında sel felaketi yaşanan Bulak Deresi'nin taşkın debileri tahmin edilmiştir. Araştırmacı havzaları NetCAD'de modellemek için 1:25.000 sayısallaştırılmış topoğrafik harita ve 30x30 m ASTER görüntüleri kullanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda yeni inşa edilen 7x6 boyutlu kutu menfezin mevcut normal şartlarda 100 yıllık taşkın debisini geçirebileceği saptanmıştır [65].

Keskin vd. (2020), nehir ölçüm istasyonu verilerini ve yağış ölçüm istasyonu verilerini kullanarak Kocairmak (Bartın) Nehri'nin taşkın debilerini hesaplamışlardır. Hesaplamalarda 1/25.000 ölçekli sayısal topoğrafik haritalar ve 30x30 m çözünürlüklü Aster-GDEM görüntüleri kullanılarak DSİ ve Mockus yöntemleri yardımıyla taşkın debileri hesaplanmıştır. Çalışmada Nehir üzerindeki bazı kesitlerin 100 yıllık taşkın debisi geldiğinde yetersiz kalacağı saptanmıştır [66].

Bayarı vd. (2009), “Esnek hesaplama yöntemleri (yapay sinir ağları ve bulanık mantık) kullanılarak karstik sistemlerde yeraltı suyu kalitesinin ve akışının modellenmesi” adlı çalışmalarında çalışma alanının batısında yer alan karstik özellikteki Bulak Kaynağı'nın 1991-2003 yılları arasındaki maksimum debi değerinin 3.5-4.0 m<sup>3</sup>/s olduğu belirtmişlerdir [67].

Alzarouq Albaqoul (2022) yaptığı yüksek lisans tezinde Batı Karadeniz bölgesinde yer alan bazı yağış gözlem istasyonlarının verileri kullanarak meteorolojik kuraklık analizleri gerçekleştirmiş ve bölgedeki kurak ve nemli dönem yüzdelerinin genel olarak birbirine benzer olduğu ve özellikle 2000'li yıllardan sonra meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklıklarda artışın varlığını saptamıştır [68].

Ersoy, (2019) tarafından yapılan çalışmada Konya çevresi için 1971-2014 yılları arasında hafif derecede kuraklığın olduğunu saptanmıştır. tespit edilmiştir. Ayrıca bölgenin 751.86 mm uzun yıllık ortalama yağışa sahip olduğu hesaplanmıştır [69].

Temel (2019), Standart Yağış İndeksi ve Akım Kuraklık İndeksi yöntemlerini kullanarak Gediz havzası için meteorolojik ve hidrolojik kuraklık analizleri gerçekleştirmiş ve 50 yıldaki kurak ve nemli dönemleri belirlemiştir [70].

Ege Bölgesi'ne yönelik yapılan bir çalışmada, Küçük Menderes Havzası'nda 1972-2016 yılları arasında bulunan 11 adet meteorolojik gözlem istasyonunun aylık toplam yağış miktarı ve aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak meteorolojik ve hidrolojik kuraklık analizleri yapılmıştır. Ayrıca 8 adet akarsu gözlem istasyonunun verilerinden yararlanılmış ve bu analizler arasındaki ilişkiler tespit edilmiştir. Bir sonuca varıldı. Hidrolojik kuraklık açısından, çalışmada Akarsu Kuraklık İndeksi (SDI), Standart

Akış İndeksi (SSFI) ve Kendi Kendini Kalibre Eden Palmer Hidrolojik İndeksi kullanılmıştır. Meteorolojik kuraklık açısından, çalışmada Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI), Standart Yağış İndeksi (SPI) ve Kuraklık Keşif İndeksi (RDI) kullanılmıştır. Kuraklık İndeksi (scPHDI) yöntemlerinden yararlanılmıştır [71].

Arslan vd. (2016), 8 meteorolojik yağış istasyonunun aylık yağış verilerini kullanarak, bu yıllar arasında Gediz Havzası'nda meydana gelen kuraklıkları, Standart Yağış İndeksi (SPI) kullanarak 1, 3, 6, 9, 12 aylık dönemler için araştırmışlardır. Çalışma sonucunda son yıllarda yaşanan kuraklıkların 12 ile 60 ay gibi daha uzun süreler boyunca sürdüğü belirlendi. Kuraklık süresinin son yıllarda geçmişe göre 3-7 kat arttığı belirtilmektedir [72].

Gümüş (2017), Asi Havzası'nda kuraklık çalışmaları yürütmek için Akarsu Kurak Endeksi yaklaşımını kullanmıştır. Araştırmada 1954 ile 2005 yılları arasında dört akım gözlem noktasından elde edilen veriler kullanılmıştır. Çalışmaya göre 1980 ile 2005 yılları arasında önceki yıllara göre çok daha fazla kurak yıl yaşandığı ve ayrıca 2000 ve 2001 yıllarının oldukça kurak yıllar olduğu saptanmıştır [73].

Rahmatullah (2022) yaptığı çalışmada meteorolojik ve hidrolojik kuraklık analizleri için Standart Yağış İndeksi (SPI), Akarsu Kuraklık İndeksi (SDI) ve Keşif Kuraklık İndeksi (RDI) yöntemlerini kullanmıştır. Analizler Batı Karadeniz Bölgesinde yer alan Filyos Nehri Havzası'nda için gerçekleştirilmiştir. Meteorolojik kuraklığı analiz etmek için 1965-2019 yılları arasındaki aylık toplam yağış verileri ve aylık ortalama sıcaklıklardan yararlanılmıştır. Ayrıca hidrolojik kuraklık analizi için 1965–2015 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri kullanılmış ve 1, 3, 6 ve 12 aylık ardışık kuraklık olayları incelenmiştir. Araştırmada Batı Karadeniz'de yer alan Filyos Nehri Havzası'nda son yıllarda kuraklığın arttığı belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada kullanılan SPI, RDI ve SDI yöntemlerinin birbiriyle tutarlı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir [74].

Moreira vd. (2012), Güney Portekiz'in Alentejo bölgesindeki 67 yıllık veri setlerini kullanarak kuraklık analizleri gerçekleştirmek amacıyla Standart Yağış İndisini (SPI)

kullanmışlar ve iklim değişikliği nedeniyle ortaya çıkabilecek kuraklık eğilimlerini incelemişlerdir. Araştırmacılar aynı zamanda son yıllarda kuraklıktaki artışa dikkat çekmişlerdir [75].

## BÖLÜM 2

### ÇALIŞMANIN AMACI

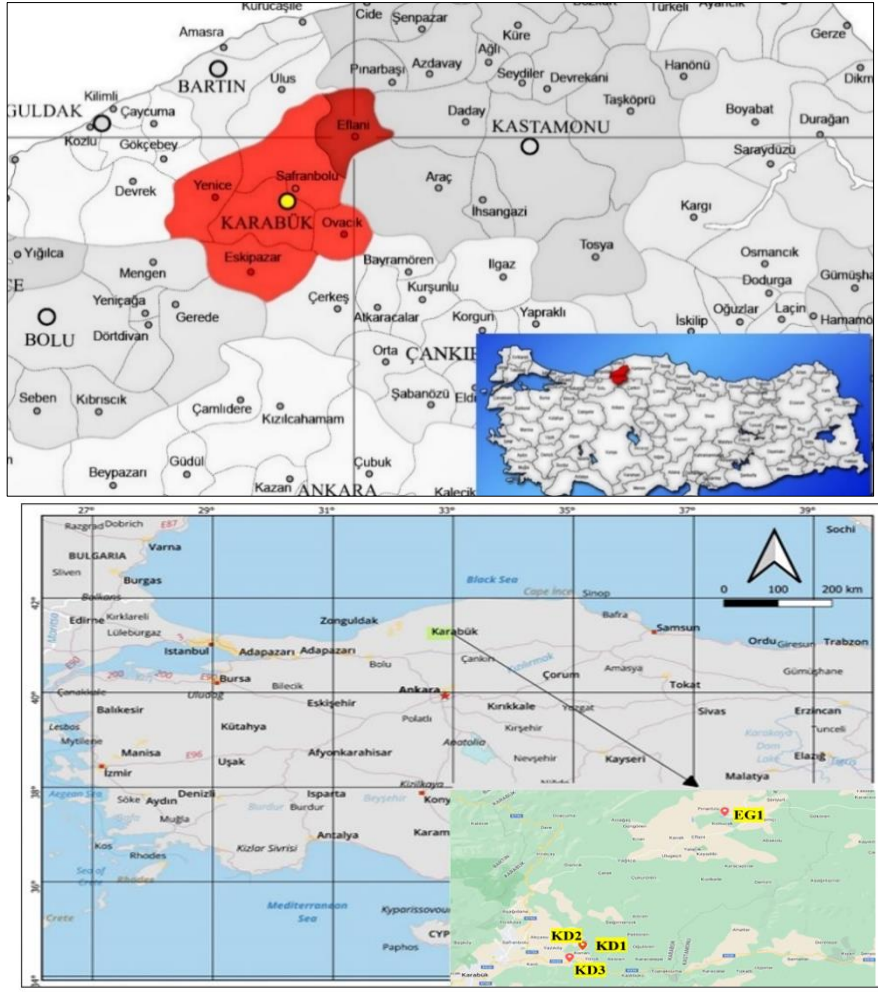
Türkiye'nin de içinde bulunduğu özellikle Doğu Akdeniz Ülkeleri iklim değişikliğine oldukça hassastır. Son yıllarda oldukça fazla sayıda taşkın ve sel olayları gözlenen Batı Karadeniz Bölgesi'nde son yıllarda kuraklık olayları da kendini hissettirmeye başlamıştır. Turistik kanyonlar ve göller bulunan Eflani Çayı Havzası'nda bugüne kadar herhangi bir hidrolojik amaçlı akademik çalışma yapılmamıştır. Bu nedenlerden dolayı çalışma alanında da tüm hidrolojik çalışmalar oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışmada, Eflani Çayı Havzası'nın hidrolojik ve hidrojeolojik özellikleri saptanarak taşkın ve kuraklık analizlerinin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

Suyun önemi ve halk tarafından sulama ve içme kaynağı olarak suya artan talep göz önüne alındığında ve ek olarak iklim değişikliği ve yüzey sularını kaybetme tehdidi oluşturan su kirliliği ve çevre kirliliği sorunları nedeniyle, suyun kimyasal analizlerinin gerçekleştirilerek kirlilik kaynaklarının ve konsantrasyonların saptanması oldukça önemlidir.

#### 2.1. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI

##### 2.1.1. Çalışma Alanının Konumu

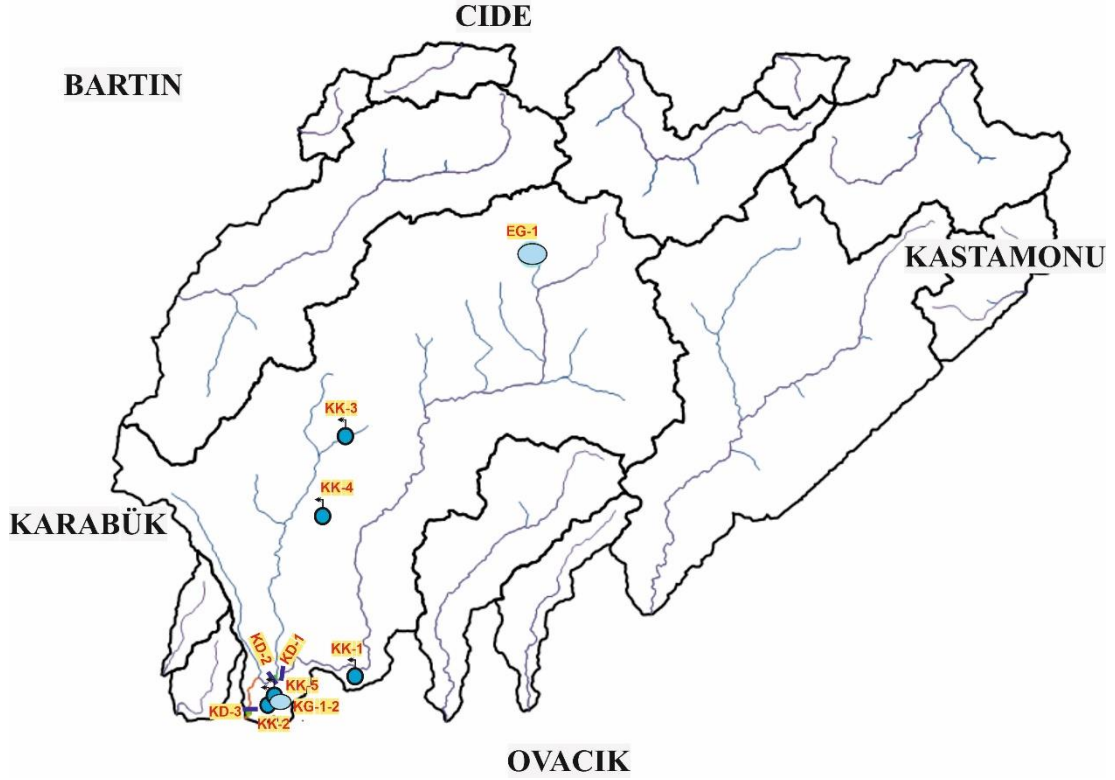
Eflani, Türkiye'nin kuzeyinde Karadeniz Bölgesinde yer alan Karabük ilinin yaklaşık 8.409 (2021 yılı) nüfuslu bir ilçesidir. Eflani ilçesi, batısında Karabük'ün Safranbolu ilçesiyle birlikte kuzeybatısında Bartın'ın Ulus; kuzey, doğu ve güneyinde de Kastamonu'nun Araç, Daday ve Pınarbaşı ilçeleriyle komşudur [76] (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası [77].

### 2.1.2. Çalışma Lokasyonları

Özellikle yağışlı dönem başta olmak üzere çalışma alanında 3 akarsu ölçüm noktası ve bir gölet ölçüm noktası seçilerek yerinde ölçümler yapılmış ve kimyasal ve izotopik amaçlı örneklemeler gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.1). Ölçüm noktalarına ait bilgiler aşağıdaki şekilde verilmiştir. (Şekil 2.2) çalışma alanının ana havzasında örneklerin alındığı noktaları ve ayrıca alt havzaları göstermektedir.



Şekil 2.2. Çalışma alanının ana havzası ve örnekleme noktaları (Yeraltısuları ölçüm sonuçlarına bu çalışma kapsamında yer verilmemiştir).

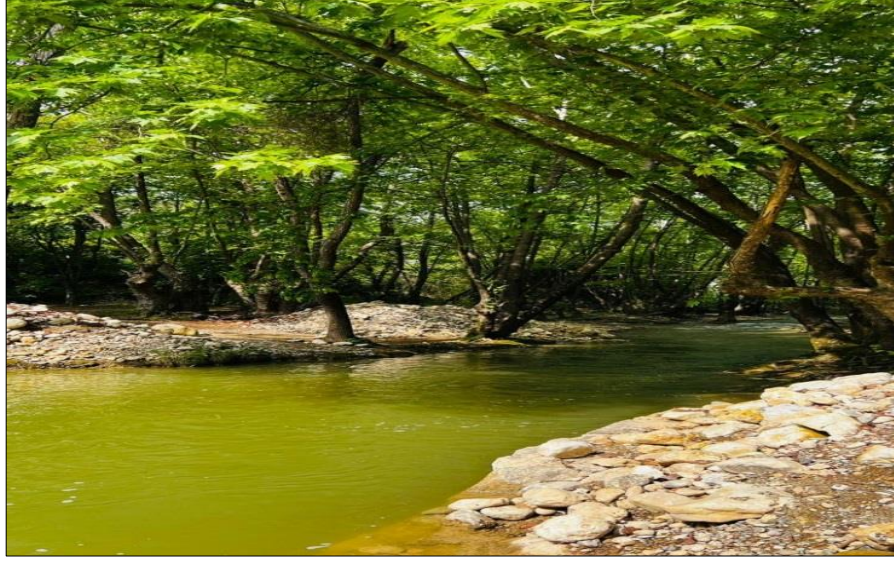
Ortakçı Göleti (EG-1): Eflani ilçe merkezine 5 km uzaklıkta bulunan gölet 1150 metre genişliğe, 25-30 metre derinliğe sahip ve Yayla Deresi'nden beslenmektedir (Şekil 2.3) [78].



Şekil 2.3. Ortakçı Göleti (EG-1) ölçün noktası.

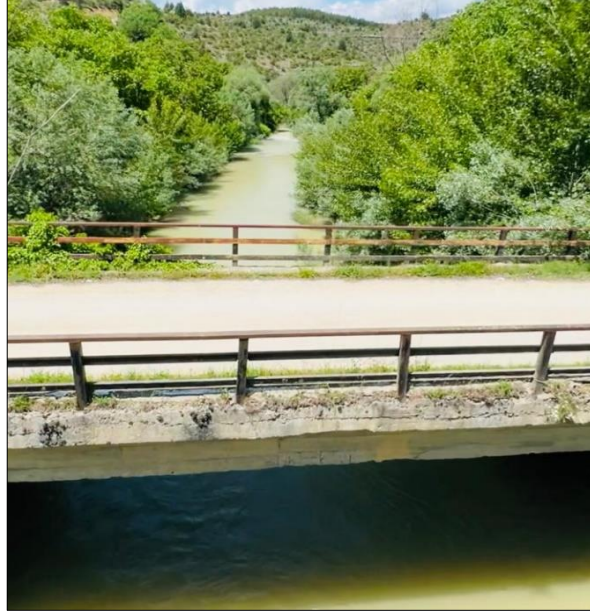


Hasan ayı (KD-1): Eflani ayı'nı besleyen ana kolardan biri olup besleniminde yeraltısuyu akışı da önem arz etmektedir (Şekil 2.4).



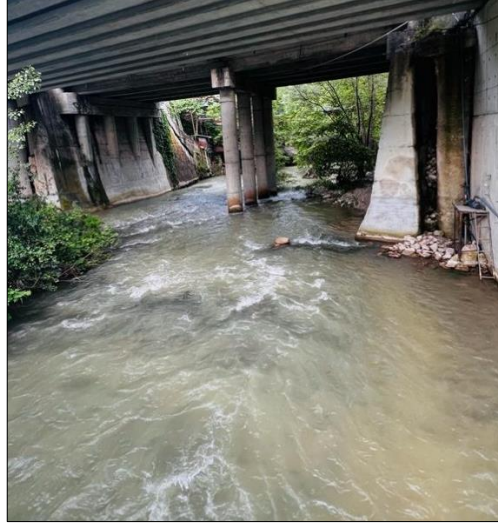
Şekil 2.4. Hasan ayı (KD-1) ölçüm noktası.

Eflani ayı (KD-2): ay kuzeydoğudan gelen ana kolu ile Hasan ayı'nın birleşimi sonrası Eflani ayı adını almaktadır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Eflani ayı (KD-2) ölçüm noktası.

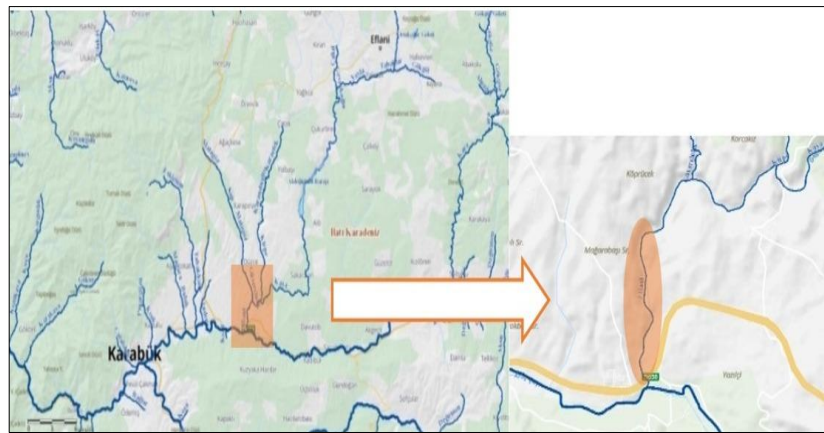
Eflani Deresi Çevrik Köprü (KD-3): Karabük, Safranbolu ilçesinin doğusunda ve Safranbolu-Araç yolu üzerinde yer almaktadır. Konarı Köyü'nün yakınında Çevrik Köprü mevkiinde Araç Çayı'na birleşmeden hemen önceki bir mansap konumunda bulunmaktadır (Şekil 2.6, Şekil 2.7). Eflani Çayı'nın genel özellikleri Çizelge 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.6. Eflani Deresi Çevrik Köprü (KD-3) ölçüm noktası.

Çizelge 2.1. Eflani Çayı'nın genel özellikleri [79].

Akarsu adı	Toplam uzunluk (km)	Debi (m <sup>3</sup> /sn)	Kolu olduğu akarsu
Eflani Deresi	43	3.95	Filyos Çayı



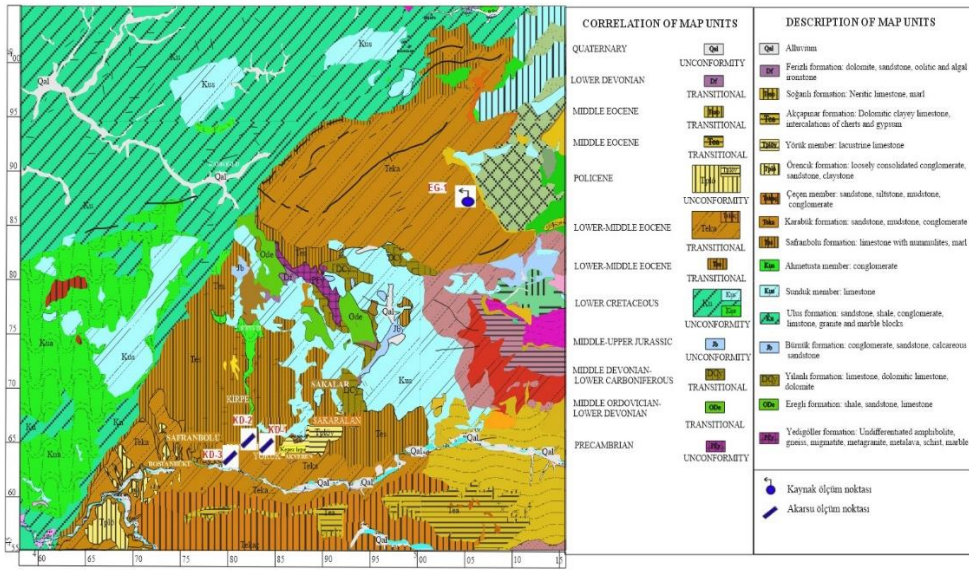
Şekil 2.7. Eflani Çayı mansap konumları [80].

## 2.2. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJISI

Bu çalışmada bölgede daha önce yapılan araştırmalar dikkate alınarak jeolojik birimler verilmiştir. Bölge Prekambriyen'den Kuvaterner'e kadar geniş bir kayaç türüne sahiptir. Çalışma alanında tespit edilen jeolojik birimleri yaşlıdan gence doğru aşağıda sıralanmıştır [81]: (Şekil 2.8).

- Yedigöller Formasyonu (pey) (Prekambriyen): Amfiyolit, gnays, migmatit, metalava, şist ve mermerden oluşmaktadır.
- Soğuksu Formasyonu (Os) (Alt Ordovisiyen): Kumtaşı-şeyl ardalanmasıyla karakterize edilmektedir.
- Aydos Formasyonu (Oa) (Alt Ordovisiyen): Kuvarsitik çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşından oluşmaktadır.
- Ereğli Formasyonu (ODe) : (Orta Ordovisiyen-Alt Devoniyen): Kumtaşı, şist ve kireçtaşından oluşmaktadır.
- Ferizli Formasyonu (Df) (Alt Devoniyen) : Dolomit, kumtaşı, oolitik ve alg demirtaşından oluşmaktadır.
- Yılanlı Formasyonu: (DCy): (Orta Devoniyen-Alt Karbonifer): Kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomit içermektedir.
- Bürnük Formasyonu (Jb) (Dogger-Malm): Konglomera ve kumtaşından oluşmaktadır.
- Ulus Formasyonu (Ku) (Alt Kretase): Kumtaşı, konglomera ve kireçtaşından oluşmakta, konglomeradan oluşan bölüme Ahmetusta Üyesi (Kua) ve kireçtaşlarından oluşan bölüme ise Sunduk Üyesi (Kus) adı verilmektedir.
- Abant Formasyonu (KTab) (Üst Kampaniyen-Maastrichtiyen): Bloklu flişi temsil etmektedir.
- Kışlaköy Formasyonu (Tek) (Üst Daniyen-Tanetiye): Konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ve kireçtaşı ardalanmsından oluşmaktadır.
- Safranbolu Formasyonu (Tes) (Orta Eosen): Bol miktarda nummulit içeren kireçtaşlarından oluşmakta ve bazı bölgelerde resifal kireçtaşı özelliği göstermektedir.

- Karabük Formasyonu (Teka) (Orta Eosen): Konglomera, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşmaktadır.
- Soğanlı Formasyonu (Teso) (Orta Eosen): Neritik kireçtaşlarından oluşmaktadır.
- Akçapınar Formasyonu (Tea) (Orta Eosen): Dolomitik killi kireçtaşı, çört ve alçıtaşından oluşmaktadır.
- Yunuslar Formasyonu (Teyu) (Orta Eosen): Konglomera, kumtaşı ve çamurtaşından oluşmaktadır.
- Örencik Formasyonu (Tplö) (Pliyosen): Konglomera, kumtaşı ve kilitaşı ile temsil edilmektedir. Gölsel kireçtaşından oluşan bölümü Yörük Üyesi (Tplöy) adını almaktadır.
- Alüvyonlar.



Şekil 2.8. Çalışma alanının jeolojisi [81].

## BÖLÜM 3

### MATERYAL VE METOT

Mayıs 2023'te başlayan saha çalışması Ekim 2023'te tamamlanmış olup, bir göl (EG-1) ve üç akarsu noktasından (KD-1, KD-2, KD3) olmak üzere 4 lokasyondan numune alınmıştır. Arazi çalışmaları sırasında YSI 556 model çok parametrelili ölçüm cihazı yardımıyla (Şekil 3.1) elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş katı madde (TDS), pH, ORP/Eh ve sıcaklık (T) ölçülmüştür. Ayrıca kimyasal ve izotopik amaçlı olarak su örneklemeleri yapılmıştır (Şekil 3.2). Ana anyon ve katyon analizleri Hacettepe Üniversitesi'nde yüksek performanslı iyon kromatografisi kullanılarak, iz element analizleri ise Kayseri Üniversitesi laboratuvarında yapılmıştır. Suyun yeraltında dolanım sürelerini belirlenmesine yönelik trityum izotop analizleri Hacettepe Üniversitesi Çevre Trityum Laboratuvarı'nda yaptırılmıştır. Suyun kökeninin saptanmasına yönelik olarak Oksijen-18 ve Döteyum izotoplarının analizleri DSİ Laboratuvarlarında yaptırılmıştır. pH metre kalibrasyonu 4, 7, 10'luk tampon çözeltilerin kullanılarak gerçekleştirilmiştir. ORP kalibrasyonu ise Zobell referansı ile yapılmış ve ORP değerleri cihaz kataloğunda verilen değerler eklenerek Eh'a dönüştürülmüştür. Suyun içme suyuna uygun olup olmadığı Türk İnsani Tüketim Suları Yönetmeliği [82] ve Dünya Sağlık Örgütü standartlarıyla [83] karşılaştırılmıştır. Ayrıca özellikle yağışlı dönemdeki şiddetli yağışların neden olduğu taşkınlar nedeniyle sadece Hasan Çayı'nda debi ölçümü yapılabilmiş (Şekil 3.3), bununla birlikte tek lokasyondaki debi ölçümü anlamlı olmayacağı için tezde yer verilmemiştir.

Eflani Çayı Havzası'nda akım gözlem istasyonu bulunmadığından, çevredeki yağış gözlem istasyonlarının maksimum günlük yağış miktarları yardımıyla Netcad programı ve DSİ Sentetik ve Mockus yöntemleri kullanılarak farklı tekerrür yıllarına ait taşkın debileri ve taşkın yayılım alanları belirlenmiştir. Analizlerde havza yakınında en az 15 yıl boyunca sürekli verisi olan ve havza etki alanı içerisinde bulunan Karabük, Cide ve Ovacık istasyonlarının maksimum günlük yağış verileri 6 farklı



istatistiksel dağılım yöntemi yardımıyla ele alınmış ve havzanın hidrojeolojik özellikleri, arazi kullanımı ve Bartın çevresinde yapılan önceki çalışmalar dikkate alınarak toprak eğri numarası 80 kabul edilmiştir. Karabük istasyonunun plüvyograf katasyısı ise önceki çalışmalardan elde edilmiştir. Kesitler Hec-Ras yazılımı kullanılarak kontrol edilmiştir.

Ayrıca DrinC yazılımı kullanılarak meteorolojik kuraklık analizleri gerçekleştirilmiş, havza çevresindeki Karabük ve Bartın yağış gözlem istasyonlarından alınan aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık verileri yardımıyla Standart Yağış İndeksi (SPI) ve Keşif Kuraklık İndeksi (RDI) yöntemleri kullanılarak 1.3, 6. Ve 12 aylık dönemlerdeki kuraklık hassasiyetleri belirlenmiştir.



Şekil 3.1. Multiparametre ölçüm cihazı.



Şekil 3.2. Çalışma alanlarından alınan su örnekleri.



Şekil 3.3. Muline ile debi ölçümü.

## 3.1. SULARDA ÖLÇÜLEN FİZİKSEL VE İZOTOPIK PARAMETRELER

### 3.1.1. pH

pH, "hidrojenin gücü" anlamına gelmekte ve pH'ın sayısal değeri, hidrojen iyonlarının molar konsantrasyonu ( $H^+$ ) ile belirlenmektedir. pH, bir su kütleinin logaritmik bir ölçekte ne kadar asidik veya bazik olduğunu tanımlayan 0 ile 14 arasında bir rakamdır. Sayı ne kadar düşükse, su o kadar asidiktir. Sayı ne kadar yüksek olursa, o kadar baziktir. pH değeri 7 nötr olarak kabul edilmektedir. Logaritmik ölçek, geri sayım sırasında 7'nin altındaki her sayının bir önceki sayıdan 10 kat daha asidik olduğu anlamına gelir. Aynı şekilde 7'nin üzerinde sayarken her sayı bir önceki sayıdan 10 kat daha fazladır.  $H^+$  konsantrasyonunun negatif logaritması alınarak yapılmaktadır ( $-\log(H^+)$ ). Örneğin, bir çözeltinin  $H^+$  konsantrasyonu  $10^{-3}$  M ise, çözeltinin pH'ı  $-\log(10^{-3})$  olacaktır, bu da 3'e eşittir. Bu belirleme, hidrojen iyonlarının ( $H^+$ ) ve hidroksil iyonlarının ( $OH^-$ ) pH üzerindeki etkisinden kaynaklanmaktadır.  $H^+$  konsantrasyonu ne kadar yüksek olursa, pH o kadar düşük olur ve  $OH^-$  konsantrasyonu ne kadar yüksekse, pH o kadar yüksek olur. Nötr pH 7'de (saf su), hem  $H^+$  iyonlarının hem de  $OH^-$  iyonlarının konsantrasyonu  $10^{-7}$  M'dir [84].

Aşırı pH seviyeleri tipik olarak elementlerin ve bileşiklerin çözünürlüğünü artırarak toksik kimyasalları daha "hareketli" hale getirebilmekte ve sucul yaşam tarafından emilme riskini artırmaktadır. H'dan etkilenen sadece suda yaşayan türler değildir. İnsanlar pH seviyeleri için daha yüksek bir toleransa sahip olsa da yine de bazı problemler gözlenebilmektedir. 2.5'ten düşük bir pH değeri ciltte ve organ astarlarında onarılamaz hasara neden olmaktadır. Düşük pH seviyeleri, toksik eser minerallerin insanlar tarafından emilme riskini artırmakta ve 8.0'ın üzerindeki seviyeler klor ile etkili bir şekilde dezenfekte edilememesi riskini içermektedir. Ek olarak, 6.5-9.5'i aşan pH seviyeleri borulara ve diğer sistemlere zarar verebilmekte ve aşındırarak ağır metal toksisitesini artırabilmektedir [84].

pH seviyelerindeki hafif bir artış, bir gölün oligotrofik (çözünmüş oksijen bakımından zengin) ve ötrofik (çözünmüş oksijen eksikliği) olmasına neden olabilmektedir. Su



pH'ındaki küçük bir değişiklik, fosfor ve diğer besin maddelerinin çözünlüğünü artırabilmekte ve bitki büyümesini kolaylaştırabilmektedir.

İster doğal ister insan yapımı olsun, suyun pH'ını etkileyebilecek birçok faktör vardır. Doğal değişikliklerin çoğu, çevredeki kayaçlar (özellikle karbonat formları) ve diğer malzemelerle etkileşimler nedeniyle meydana gelmektedir. pH ayrıca yağış (özellikle asit yağmuru) ve atık su veya maden deşarjları ile dalgalanabilmektedir. Ek olarak, karbondioksit konsantrasyonları pH seviyelerini etkileyebilmekte, sudaki fotosentez ve solunum nedeniyle pH seviyeleri günlük olarak dalgalanabilmektedir. Değişimin derecesi suyun alkalinitesine bağlı olmaktadır. Karbondioksit, sudaki asitliğin en yaygın nedenidir. Fotosentez, solunum ve ayrışma, karbondioksit seviyeleri üzerindeki etkilerinden dolayı pH dalgalanmalarına katkıda bulunmaktadır [84].

### **3.1.2. Oksidasyon-İndirgenme Potansiyeli (ORP)**

Oksidasyon-indirgeme potansiyeli (ORP), bir gölün veya nehrin kendini temizleme veya kirleticiler ve ölü bitkiler ve hayvanlar gibi atık ürünleri parçalama yeteneğini ölçüsü olarak değerlendirilebilmektedir. ORP değeri yüksek olduğunda, suda çok fazla oksijen bulunmakta, bu, ölü dokuyu ve kirleticileri parçalayan bakterilerin daha verimli çalışabileceği anlamına gelmektedir. Genel olarak, ORP değeri ne kadar yüksekse, göl veya nehir o kadar sağlıklı kabul edilebilmekte, bununla birlikte, sağlıklı göllerde ve nehirlerde bile, dip çökeltilerine yaklaştıkça daha az oksijen (ve dolayısıyla daha düşük ORP değerleri) gözlenmektedir (çamur). Bunun nedeni, çökeltelerde ölü dokuyu parçalamak için çok çalışan birçok bakteri olması ve mevcut oksijenin çoğunu kullanmalarından kaynaklanmaktadır. Aslında, oksijen dip çamurunda çok hızlı bir şekilde kaybolmakta ve ORP hızla düşmektedir. ORP, çözünmüş oksijene ek olarak ölçülmektedir, çünkü ORP, bilim insanlarına varsa su kalitesi ve kirlilik derecesi hakkında ek bilgi sağlayabilmektedir. Ayrıca, kimyasal açıdan oksijen gibi işlev görebilen ve ORP'nin artmasına katkıda bulunabilen başka elementler de bulunmaktadır [84-85].

### **3.1.2.1. Elektriksel İletkenlik (EC)**

Su, elektrik akımını taşıma kapasitesiyle tanımlanan elektriksel iletkenliğe sahiptir. Su iletkenliği, içine çözünebilen tuzlar ve mineraller tarafından etkilenmektedir. Su elektriksel iletkenliği genellikle  $\mu\text{S}/\text{m}$  veya  $\text{mS}/\text{cm}$  biriminde ifade edilmektedir. Göllerin EC'si, yerel jeoloji, arazi kullanımı ve iklim gibi faktörlere bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir; su kalitesinin en önemli göstergelerinden biri iyonik içeriğidir. Su içindeki iyonik bileşim, mevsimlerle birlikte değişen iletkenlik seviyelerine neden olmakta; yapay olarak yüksek iletkenlik seviyeleri kirlilik veya diğer çevresel sorunlara işaret edebilmektedir. Tarımsal akıntılar, endüstriyel deşarj ve diğer kaynaklar da dahil olmak üzere insan faaliyetleri, yüksek EC seviyelerine katkıda bulunabilmektedir. Yüksek EC seviyelerine sahip göllerin yönetim veya koruma zorlukları olabilmekte ve durumda göllerin sürekli izlenmesi önem kazanmaktadır [86].

Sıcaklık, toplam çözünmüş katı madde miktarı, kimyasal oksijen ihtiyacı, klorür konsantrasyonu ve demir içeriği, iletkenlikle güçlü bir ilişki göstermektedir [87]. Bir bölgenin jeolojisi, akarsu ve nehirlerdeki suyun iletkenliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Granit içeren bölgelerdeki akarsuların iletkenliği genellikle diğer bölgelerdeki akarsuların iletkenliğinden daha düşüktür çünkü graniti oluşturan mineraller suyla yıkandıklarında iyonlaşma eğilimi göstermezler [88].

### **3.1.2.2. Toplam Çözünmüş Katı Maddeler (TDS)**

Toplam çözünmüş katılar (TDS), elektriksel iletkenlik (EC) gibi su içinde çözünmüş olan tüm maddelerin miktarını ölçmektedir. Bir litre su için yaygın olarak kullanılan TDS konsantrasyonlarını ifade etmek için milyonda parça (ppm) veya litre başına miligram ( $\text{mg}/\text{L}$ ) kullanılmaktadır. Yerel jeoloji, sıcaklık ve arazi kullanımı gibi birçok faktör, bir göldeki toplam çözünmüş katıların (TDS) seviyesini etkileyebilmektedir. Örneğin, kurak bölgelerde veya önemli buharlaşma oranlarına sahip olan göller, çözünmüş minerallerin ve tuzların birikimi nedeniyle daha yüksek TDS seviyelerine sahip olabilmektedirler. Yüksek TDS seviyelerine sahip göllerin kalitesi su arıtma işlemleri ve diğer su uygulamaları için istenmeyen sonuçlara yol açabilir. Yüksek TDS

seviyelerinin insan kaynaklı kaynakları arasında tarımsal faaliyetler, endüstriyel deşarjlar ve atık su çıkışları bulunmaktadır [86].

### 3.1.3. Tritiyum ile Yeraltısuyu Yaşlarının Tayini

Yarılanma ömrü 12.43 yıl olan trityum izotopu radyoaktiftir. Bu izotopun hidrojeolojik sistemin su içinde bulunmasının iki ana nedenlerinde birincisi doğal bir süreçle kozmik ışınlar atmosferdeki nötronları azot ile etkilemesi olup [89] ikincisi ise 1952 yılından beri atmosfere yayılan termonükleer deneylerden kaynaklanan yapay trityumdur. 1963 yılında, bu çalışmalar sonucunda kuzey yarım kürede trityum 8000 TU'ya ulaşmış olup, bununla birlikte, trityum değerleri artık doğal seviyelere ulaşmıştır. (Çizelge 3.1). Tritiyum "Tritiyum Birimi (TU) ( $10^{18}$  hidrojen atomundaki 1 tane  $^3\text{H}$ 'a karşılık gelmektedir)" ile ifade edilmekte ve sıvı parıldama ve gaz sayıcıları, trityum izotopunu belirlemek için kullanılmaktadır [89].

Hidrolojide, suyun bağlı yaşının hesaplanmasında trityum değeri sıklıkla kullanılmaktadır. Deniz suyunda trityum miktarı çok düşük olsa da, deniz seviyesinden yükseldikçe trityum miktarı artmaktadır. Tritiyum, coğrafi enlem tarafından küçük ölçüde etkilenmektedir [89]. Tritiyum miktarı mevsimsel olarak değişmekte ve bahar ve yaz mevsimi sonlarında en yüksek seviyede bulunmaktadır. Kuzey yarım küreye göre, Güney yarım kürede trityum değeri çok daha düşük olup, bu, alansal olarak okyanus bölgelerindeki farklılıklar nedeniyle oluşmaktadır [90].

Çizelge 3.1. Clark ve Fritz tarafından önerilen kıtasal bölgeler için nitel yaklaşım [90].

Tritiyum Değeri (TU)	Yaşlandırma
<0.8 TU	Yarımodern-1952'den önce beslenmiş
0.8 ~4 TU	Yarımodern ve şimdiki beslenimin karışımı
5 -15 TU	Modern (<5-10yıl)
15 – 30 TU	1960 veya 1970'li yıllardaki beslenim bileşenleri önemli miktarda bulunuyor
>30 TU	1960'lı yılların beslenimi baskın
>50 TU	Yarımodern-1952'den önce beslenmiş

### 3.1.4. Oksijen-18-Döteryum İlişkisi

Oksijen-18 ve döteryum izotopları radyoaktif olmadıkları için zamanla bozulmazlar ve bu özellikleri nedeniyle sulara bir izleyici olarak kullanılmaktadırlar. Bu izotoplar kullanılarak suların kökenleri, beslenme yükseklikleri ve diğer özellikler belirlenebilmektedir. D ve <sup>18</sup>O izotopları, okyanuslarda 320 ppm HDO ve 2000 ppm H<sub>2</sub><sup>18</sup>O konsantrasyonlarında bulunmaktadır. Kütle spektrometresi, bu konsantrasyondaki değişiklikleri ölçmek için kullanılmakta olup, herhangi bir su örneğinin kararlı izotop içeriği, mutlak değer olarak değil, ağır izotopun hafif izotopa oranının belirlenmiş bir standartta ne kadar fark olduğunu göstermektedir [91, 92].

Bu amaçla kullanılan standartlar Viyana Standart Okyanus Suyu (VSMOW) ve Ortalama Standart Okyanus Suyu (SMOW) olarak bilinmektedirler. Bu standartlardan farklı olarak, kararlı izotop içeriği, "binde ‰" ve delta (δ) değeri olarak gösterilmektedir [91].

$$\delta^{18}\text{O} = \left[ \frac{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{örnek}} - (^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{SMOW-VSOW}}}{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{SMOW-VSOW}}} \right] * 1000 \quad (3.1)$$

$$\delta \text{D} = \left[ \frac{(\text{D}/\text{H})_{\text{örnek}} - (\text{D}/\text{H})_{\text{SMOW-VSOW}}}{(\text{D}/\text{H})_{\text{SMOW-VSOW}}} \right] * 1000 \quad (3.2)$$

Bu izotopların içeriği, hidrojeolojik çevrim boyunca hem yerel hem de zaman içinde değişmektedir. Suyun yoğunlaşması ve buharlaşması nedeniyle havada farklı difüzyon hızları vardır ve izotopik fonksiyonlanma nedeniyle HDO ve H<sub>2</sub><sup>18</sup>O'nin buhar basıncı farklı olmaktadır. Bunun bir sonucu olarak, okyanustan su buharlaştığında buhar ağır izotopça azalmakta ve okyanus suları için D ve <sup>18</sup>O ortalama değerleri sıfıra eşit kabul edilmektedir. Atmosferik buhar, okyanus yüzeyi üzerinde -85 D ve -12 <sup>18</sup>O yaklaşık değerlerine sahiptir [92, 93].

## 3.2. TAŞKIN ANALİZLERİ

Eflani Çayı Havzası'nda herhangi bir akım gözlem istasyonu bulunmadığından, havza çevresindeki yağış gözlem istasyonlarının günlük maksimum yağış miktarları

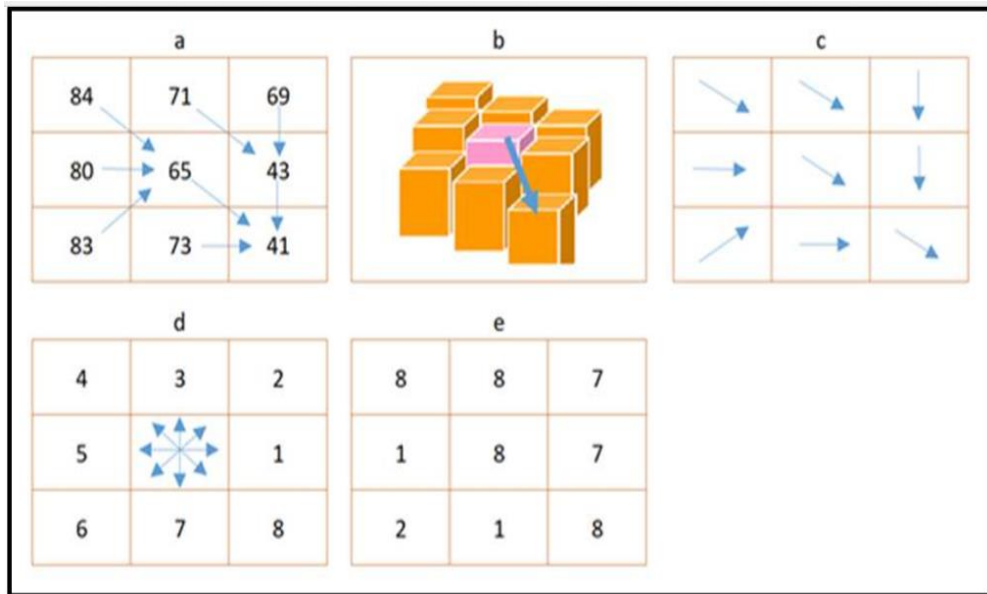
yardımla Netcad yazılımı ve DSİ Sentetik ve Mockus yöntemleri kullanılarak farklı tekrarlama yıllarına ait taşkın debileri ve taşkın yayılım alanları belirlenmiştir.

Netcad yazılım Coğrafi Bilgi Sistemlerinde kullanılan, arazi modeli oluşturulabilinen ve mühendislik verileri analiz edilebilen entegre bir programdır. Yazılımın taşkın analizi ve açık-kapalı şebeke sistemleri hesaplamalarını gerçekleştirebilen Nethydro ve Netwater gibi modülleri mevcuttur. Yazılım özellikle üniversitelerde, mühendislikte, haritacılıkta ve inşaat sektöründe kullanılmaktadır [94].

### 3.2.1. Havzanın Modellenmesi

Eflani Çayı'nın Havzasının modellenmesi Netcad yazılımının Nethydro modülü kullanılarak, 1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar yardımıyla ve TauDEM algoritmasına D8 akım modeline uygun olarak ana havza ve alt havzalar saptanacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

D8 akım modeli, her bir piksel, sayısal arazi modelinde belirli aralıklarla piksellere bölünerek bir kot alınmasını ve akış ağını bulmak için, her bir hücrenin birbirine komşu olan hücre içinden en düşük kotlu hücreye hareketi akışı ifade etmektedir (Şekil 3.4. [95-97, 59].



Şekil 3.4. D8 akım modelinin şematik gösterimi [97].

### **3.2.2. Yağış Alanlarının Dağılımı ve Yağış Değerlerinin Hesaplanması**

Yağış analizi için havzaya yakın en az 15 yıllık sürekli veriye sahip ve havza ile Thiessen yağış alanı dağılım yönteminde etkileşimli olan meteoroloji istasyonları dikkate alınmıştır. Çalışmada Karabük, Ovacık ve Cide Yağış gözlem istasyonlarının günlük maksimum yağış verileri 6 farklı istatistiksel dağılım fonksiyonu (Normal dağılım, Log-Normal (2 parametre) dağılım, Log-Normal (3 parametre) dağılım, Pearson dağılımı, Pearson tip 3 (Gama tip -3) dağılımı ve Gumble) yardımıyla analiz edilerek ve dağılımların güvenilirlik testinde Kolmogorov-Smirnov yöntem tercih edilerek 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 ve 500 yıllık tekerrür yıllarına ait taşkın debileri saptanmıştır. Çalışma havzasının Thiessen yöntemine göre en fazla yağış etki alanına sahip Karabük Yağış Gözlem İstasyonunun plüvyograf katsayısı bulunmamaktadır. Bununla birlikte bu değer Topuksak ve Keskin (2020) [96] çalışmalarından alınmıştır.

### **3.2.3. Taşkın Debi Hesabı**

Havzanın hidrojeolojik özellikleri, arazi kullanımı ve daha önce yapılan çalışmalar dikkate alınarak taşkın analizi için gerekli olan Akım Eğrisi Sayısı 80 olarak kabul edilmiştir [98, 100, 101].

#### **3.2.3.1. DSİ Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi Kullanılarak Yapılan Taşkın Debi Hesabı**

DSİ Sentetik Yönteminde birim akış yüksekliğini (mm) oluşturan 2 saat süreli yağışın birim alandan geçireceği akış verimi ( $q$ , (lt/sn/mm/km<sup>2</sup>)) hesaplanmaktadır [98, 99, 59, 101].

#### **3.2.3.2. Mockus Birim Hidrograf Yöntemi Kullanılarak Yapılan Taşkın Debi Hesabı**

Mockus Birim Hidrograf Yönteminde gereken parametreler havzanın modellenmesi ve yağış analizleri sırasında elde edilmiştir. Toplanma süresi 30 saate kadar olan havzalarda bu yöntemin uygulanabilir olduğu bilinmektedir. DSİ Sentetik Yönteme

göre daha pratik oluşu uygulamada kolaylık sağlamaktadır. Bununla birlikte kullanılması için havza alanının 10 km<sup>2</sup>'den küçük olması önerilmektedir [95, 59].

### 3.3. KURAKLIK ANALIZI

Çalışmada meteorolojik kuraklık analizleri için Kuraklık İndeksleri Hesaplayıcısı DrinC yazılımı kullanılmıştır. Yazılım, çeşitli kuraklık türleri (meteorolojik, hidrolojik, tarımsal) için geniş potansiyel uygulanabilirliğe sahip kullanıcı dostu bir araçtır. Kuraklık çalışmaları kurak ve yarı kurak bölgeler için oldukça önemlidir. Bu çalışma, 1965'ten 2022'ye kadar olan verileri kullanarak Karabük ve Bartın meteoroloji istasyonunda Standart Yağış İndeksi (SPI) ve Keşif Kuraklık İndeksi (RDI) kullanarak çalışma alanının için kuraklık duyarlılığını belirlenmesi amaçlanmıştır.

SPI ve RDI meteorolojik kuraklığı referans almakta ve bu yöntemler aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık verilerini gerektirmektedir. Ayrıca RDI, su dengesini yeterince tanımlayabildiği için tarımsal kuraklık analizi için de kullanılabilir [103]. RDI yönteminde sıcaklık verilerinin analizlere katılması için Thornthwaite Potansiyel Buharlaşma Terleme Yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada 1-, 3-, 6- ve 12 aylık SPI ve RDI değerleri hesaplanıp değerlendirilmiştir.

#### 3.3.1. Standart Yağış İndisi (SPI)

Çeşitli zamanlardaki meteorolojik kuraklığı tanımlamak için yaygın olarak kullanılan bir indis Standart Yağış İndisi (SPI)'dir. SPI, önemli ölçüde farklı iklimlere sahip bölgeleri karşılaştırabilmektedir. SPI değerleri, gözlemlenen anomalinin uzun vadeli ortalamadan saptığı standart sapma sayısıdır [103]. Operasyonel topluluk için, SPI'lerin küresel olarak meteorolojik kuraklığı ölçmek ve raporlamak için aylık giriş verilerini kullanarak 1 ila 36 ay arasında değişen süreler için oluşturulması gereken standart indis olarak kabul edilmiştir.

$$SPI = (Xi - \bar{Xi}) / \sigma \quad (3.3)$$

- SPI: Standart Yağış İndisi
- $X_i$  : Gözlenen Yağış Miktarı
- $\bar{X}$  : Ortalama Yağış Miktarı
- $\sigma$  : Standart Sapma Değeri

SPI değerlerini bulmak için;

Aylık yağış dizileri kesintisiz bir süre boyunca hazırlanmaktadır. Yağış eksikliğinin mevcut su kaynakları üzerindeki etkisinin ne kadar hissedileceği için bu zaman dilimleri özel bir mantığa göre seçilmektedir. Örneğin, bir aylık yağış miktarındaki bir azalma, toprak nemi üzerinde hemen etkiye sahip olabilir, ancak yeraltı suları ve nehirler daha uzun sürede etkilenmektedirler. Veri dizileri her zaman diliminde değişkendir ve her ayın indis değeri önceki (i) ayların değerlerine göre belirlenir. SPI sisteminde değerler dikkate alınarak bir kuraklık değerlendirilmesinde, indisin sürekli olarak negatif olduğunda kurak dönem olarak adlandırılmaktadır. İndisin sıfırın altında kalması kuraklığın başlangıcıdır. İndisin pozitif bir değere yükseldiği ay kuraklığın sona ermesini ifade etmektedir Çizelge 3.2 SPI sınıflandırması [104].

Çizelge 3.2. SPI sınıflandırması [104].

SPI indis değerleri	Sınıflandırma/kuraklık kategorisi
2.0 ve üzere	Olağanüstü Nemli
1.60-1.99	Aşırı Nemli
1.30-1.59	Çok Nemli
0.8-1.29	Orta Nemli
0.51-0.79	Hafif Nemli
0.50-.050	Normal Cıvarı
(-.51) -(-0.79)	Hafif Kurak
(-.80) -(-1.29)	Orta Kurak
(-1.30) -(-1.59)	Şiddetli Kurak
(-1.60) -(-1.99)	Çok şiddetli Kurak
(-2.0) ve üzere	Olağanüstü Kurak



### 3.3.2. Keşif Kuraklık İndisi (RDI)

Yakın zamanda kuraklığın şiddetini ve süresini belirlemek ve kuraklığın başlangıcı ve sonunu tahmin etmek için RDI indisi geliştirilmiştir [103,104,105]. tarafından Yunanistan'daki Atınam Ulusal Teknik Üniversitesi'nde geliştirilen Keşif Kuraklık İndisi (RDI), bir su sistemindeki girişler ve çıkışlar arasındaki ilişkiyi tahmin etmeyi amaçlamaktadır.

RDI sistem yapısı, standartlaştırılmış çıktılarla doğrudan karşılaştırılabilir. Yağış ve aylık sıcaklıklar giriş parametreleri olarak kullanılmaktadır. Kuraklığın tarım ve su kaynakları üzerindeki etkileri çok önemlidir. Buharlaşmadan kaynaklanan terleme nedeniyle bölgede daha iyi bir su dengesini hesaplaması dolayısıyla SPI yöntemine göre daha güvenilir ve kullanılabilir kabul edilebilmektedir. Bununla birlikte buharlaşma-terleme hesaplamalarındaki hatalara dikkat edilmesi gerekmektedir [106].

Keşif kuraklık indeksi hem kümülatif yağışa hem de potansiyel buharlaşma-terlemeye dayanmaktadır. Bu indeksin pozitif değerleri yağışlı dönemleri, negatif değerleri ise bölgenin normal koşullarına göre kurak dönemlerini ifade etmektedir. Çizelge 3.3'de RDI Keşif Kuraklık İndisine göre kuraklık sınıflandırması verilmiştir. Keşif Kuraklık İndeksi (RDI) kuraklık değerlendirmesi için genel bir meteorolojik indeks olarak karakterize edilebilir. RDI üç biçimde ifade edilebilir. Başlangıç değeri  $\alpha_k$  Normalleştirilmiş RDI ( $RDI_n$ ) ve Standartlaştırılmış RDI ( $RDI_{st}$ ) [105].  $\alpha_k$  aylık zaman ölçeği kullanılarak toplu bir biçimde sunulmaktadır ve aylık, mevsimlik veya yıllık olarak hesaplanabilmektedir.  $\alpha_k$  aşağıdaki denklemle saptanabilmektedir.

$$\alpha_k^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^k P_{ij}}{\sum_{j=1}^k PET_{ij}}, i = 1 \text{ to } N \quad (3.2)$$

Burada  $P_{ij}$  ve  $PET_{ij}$  sırasıyla yağış ve potansiyel evapotranspirasyonudur.  $i$ , ise yılın yağışı ve  $j$  ayının yağışı  $N$  ise mevcut verilerin toplam yıl sayısıdır.  $\alpha_k$  değerlerinin

lognormal dağılımı takip ettiği ve  $RDI_{st}$ 'in şu şekilde hesaplandığı varsayımını kullanmıştır.

$$RDI_{st(k)}^{(i)} = \frac{a_k^{(i)}}{\bar{a}_k} - 1 \quad (3.3)$$

$\bar{a}_k$ = her yıl  $a_k$  hesaplarının ortalaması olup  $a_k^{(i)}$  ise aritmetik ortalamasıdır.

$RDI_{st}$ 'in ilk formülasyonu  $a_k$  olduğu varsayımını kullandığı değerler, log-normal (LN) dağılımını takip eder böylece  $RDI_t$  şu şekilde hesaplanabilmektedir [106].

$$RDI_n^{(i)} = \frac{y_k^{(i)} - \bar{y}_k}{\hat{\sigma}_{y_k}} \quad (3.4)$$

Bu bakımdan,  $(i) \ln a_0^{(i)}$ 'ya eşit olup  $\bar{y}_k$  ve  $\sigma_{y_k}$ , sırasıyla  $y_i$ 'nin aritmetik ortalaması ve standart sapmasıdır.

Çizelge 3.3. RDI Keşif Kuraklık İndisine göre kuraklık sınıflandırması [107].

Sınıflar	İndis Değerleri
Aşırı nemli	2.00<
Çok nemli	1.50 – 1.99
Hafif nemli	1.00 – 1.49
Normal	-0.99 – 0.99
Hafif kurak	-1.00 – -1.49
Şiddetli kurak	-1.50 – -1.99
Aşırı kurak	>-2.00

## BÖLÜM 4

### BULGULARI VE TARTIŞMA

#### 4.1. HIDROLOJİK VE HIDROJEOLJİK ÖZELLİKLER

Çalışma alanındaki kimyasal özelliklerin belirlenmesi ve su kalitesinin tespit edilmesi amacıyla 2023 yılı yağışlı dönemde (Mayıs) ve kurak dönemde (Ekim) saha ölçümleri ve majör iyonlar (anyonlar ve katyonlar), iz elementler ve izotopların analizleri amacıyla su numuneleri alınmıştır. Saha çalışmaları sırasında sıcaklık (T), pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş katı madde (TDS) ve redoks potansiyeli (ORP-Eh) değerleri ölçülmüştür. Kurak dönem ölçümleri çalışmanın bütçe şartları nedeniyle yalnızca Eflani Çayı'nın mansap kesimini temsil eden KD-3 ölçüm noltası için gerçekleştirilmiştir.

##### 4.1.1. Genel Kimyasal Değerlendirme

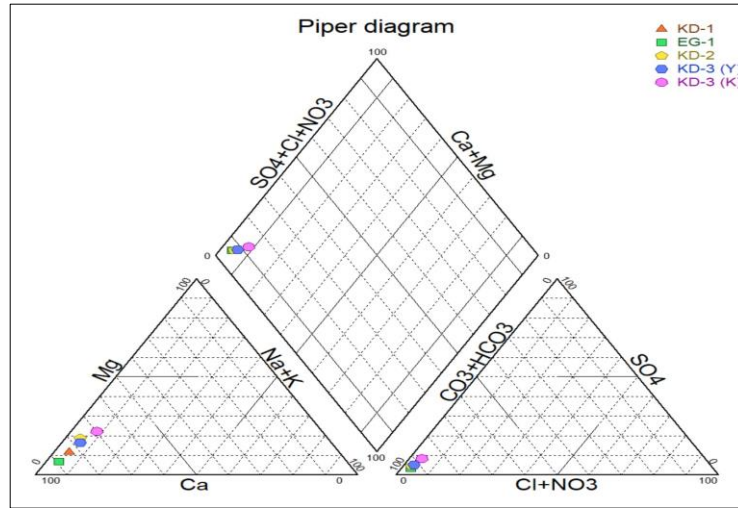
Çalışma alanındaki suyun arazi ölçüm verileri ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2.'de sunulmaktadır. Suların elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş katı madde (TDS), pH ve yükseltgenme ve indirgenme potansiyeli (oksidasyon redüksiyon potansiyeli) (ORP/Eh)) değerleri sırasıyla 372-456  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 236-259 mg/L, 7.55-7.91 ve 320-366 mV arasında değişmektedir. Şekil 4.1'de suların faies ve beslenme şartlarının değerlendirildiği Piper Diyağramı [108], Şekil 4.2'de ise Scholler Diyağramı [109] verilmiştir. Bu diyağramlara göre sular kalsiyum bikarbonat (Ca-HCO<sub>3</sub>) fasiyesine sahip olup benzer jeolojik beslenme şartlarının hakim olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuçlardan yola çıkarak çalışama alanında geniş alanlara yayılmış olarak bulunan karbonatlı kayaların bölgedeki suların kimyasal bileşimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu söylenebilmektedir.

Çizelge 4.1. Çalışma alanındaki suların arazi ölçüm sonuçları.

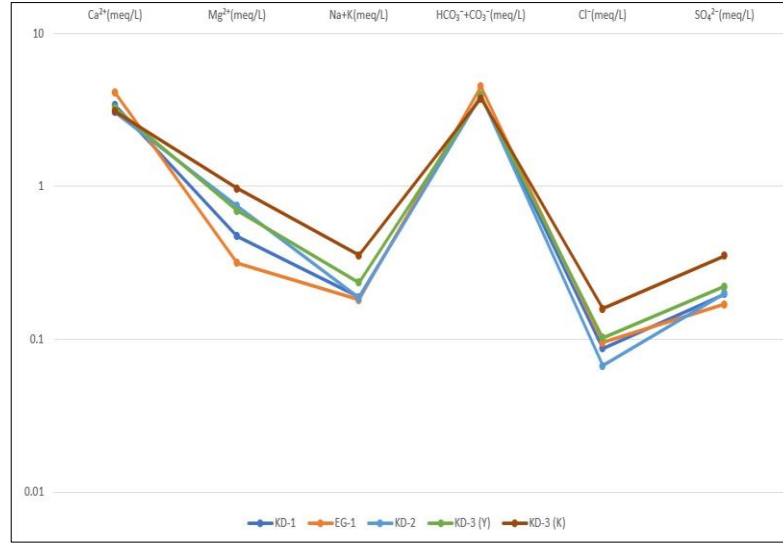
Su no	Koordinatlar			Tarih	Örnek alan ölçümleri				
	Enlem	Boylam	Yükseklik		EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	TDS (mg/l)	pH	Eh (mV)	T (C)
KD-1	0481560	04565235	446	25.05.2023	399	259	7.78	325	14,91
EG-1	0450068	04585873	924	27.05.2023	456	236	7.60	347	17.12
KD-2	0481959	04565156	431	27.05.2023	392	255	7.55	366	14.56
KD-3 (Y)	0480304	04563017	320	27.05.2023	392	254	7.91	358	15.12
KD-3 (K)		“	“	27.10.2023	372	242	7.78	320	13.02

Çizelge 4.2. Çalışma alanındaki suların kimyasal analiz sonuçları.

Su no	Na	K	Ca	Mg	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub>	F	Br	Li
KD-1	3.66	1.12	68.23	5.74	0	244.84	3.09	9.48	$\leq 0.01$	1.35	$\leq 0.01$	0.19	0.03	$\leq 0.01$	$\leq 0.01$
EG-1	3.63	0.88	82.51	3.85	0	280.72	3.36	8.12	$\leq 0.01$	2.81	$\leq 0.01$	0.24	0.05	$\leq 0.01$	$\leq 0.01$
KD-2	3.67	1.01	61.33	9.09	0	244.84	2.38	9.60	0.53	2.59	$\leq 0.01$	0.18	0.04	$\leq 0.01$	$\leq 0.01$
KD-3 (Y)	4.77	1.09	65.54	8.42	0	244.96	3.64	10.66	0.46	2.41	$\leq 0.01$	0.13	0.04	$\leq 0.01$	$\leq 0.01$
KD-3 (K)	6.92	2.02	62.1	11.79	0	233.24	5.61	16.92	0.02	1.71	$\leq 0.01$	0.09	0.09	$\leq 0.01$	$\leq 0.01$



Şekil 4.1. Çalışma alanındaki suların Piper Diyagramı.



Şekil 4.2. Çalışma alanındaki suların Scholler Diyagramı.

#### 4.1.2. Sulama Suyu Açısından Değerlendirme

Sulama suyu kalitesinin sınıflandırılmasında aşağıdaki kriterler kullanılmaktadır [110]:

Sudaki çözünebilir iyonların toplam konsantrasyonu: Genel olarak elektriksel iletkenliğe göre sınıflandırılan, elektriksel iletkenlik değeri 0-250 mikroSiemens/cm olan su, tuzluluk sorunu olmayan alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Bu değer üzerinde olması durumunda tuzluluk sorunu ortaya çıktığını ve bu toprakta yalnızca tuza toleransı yüksek bitkiler yetiştirilmesi gerektiği bilinmektedir.

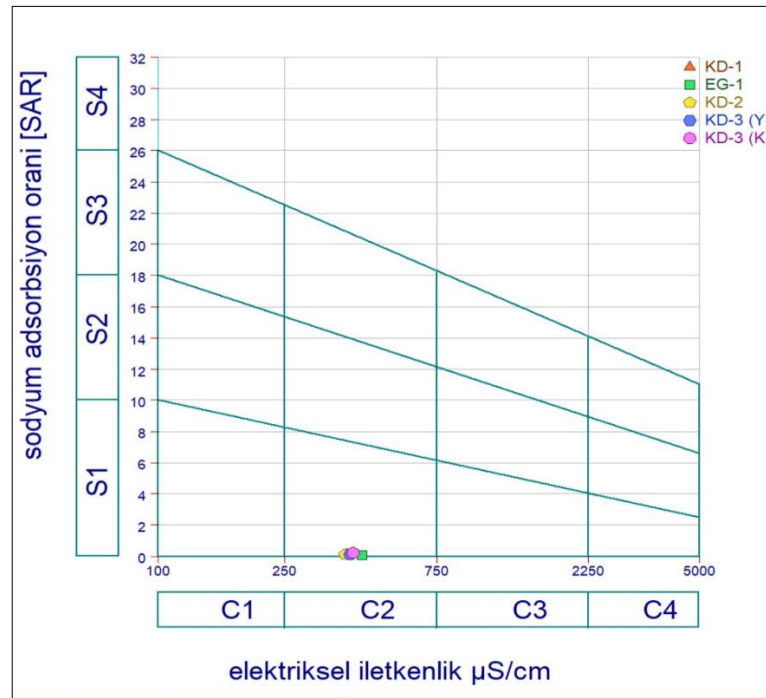
Sodyum katyonlarının sudaki diğer katyonlara oranı: Sodyum iyonunun zararlı ve istenmeyen etkilerinden kaçınmak için sodyumun zararlılığının ölçüsü olarak “Sodyum Yüzdesi” değeri kullanılabilir. Bu değer;

$$\% \text{Na} = (\text{Na} + / \sum \text{katyon}) \quad (4.1)$$

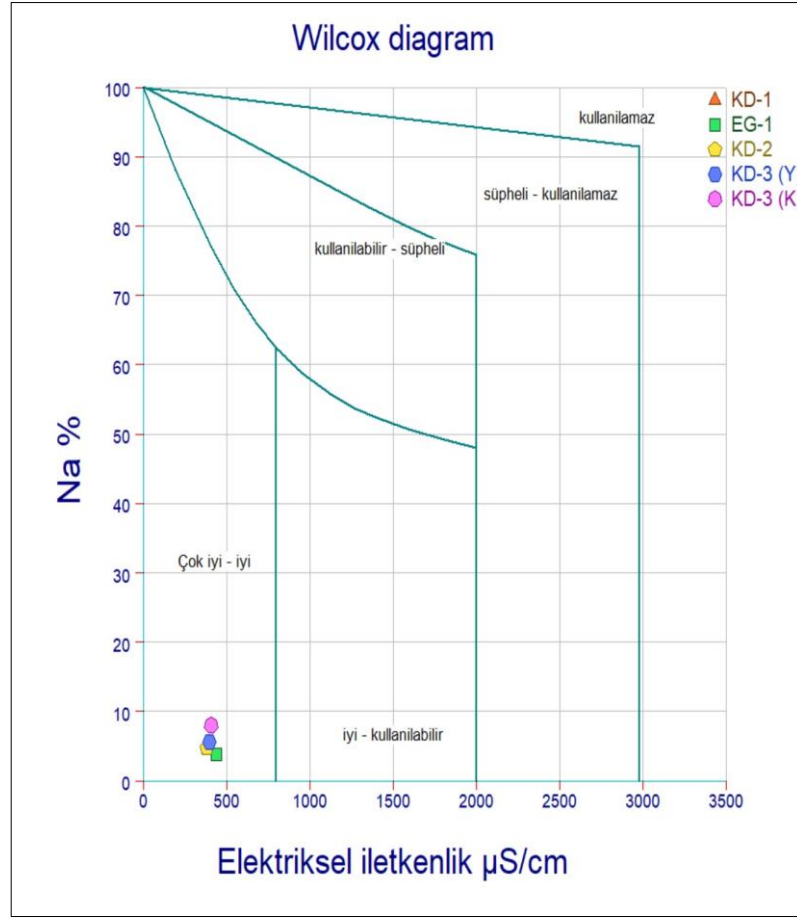
şeklinde hesaplanır ve genellikle 50 veya 60’ dan yüksek olması istenmez. Sodyum hasarını tespit etmek için en sık kullanılan diğer kriter ise “Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)’ dır. SAR değeri aşağıdaki denklemle hesaplanmaktadır.

$$\text{SAR} = \text{Na} + / [ (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} / ) ]^{1/2}. \quad (4.2)$$

SAR değeri 0-10 arasında olan sularda sodyum zararı düşük, 10-18 arasında orta, 18-26 arasında yüksek ve 26'dan fazla ise çok yüksektir. Çalışma alanı içerisindeki Eflani Çayı'nın sulama suyu açısından değerlendirilmesi amacıyla Amerikan Tuzluluk Laboratuvarı Diyağramı (Şekil 4.3) ve Wilcox Diyağramı (Şekil 4.4) çizilmiştir. Amerikan Tuzluluk Laboratuvar Diyağramı, SAR ve EC değerlerini dikkate alırken; Wilcox Diyağramı %Na ve EC'yi dikkate almaktadır. Sular Amerikan Tuzluluk Laboratuvar Diyağramı'na göre “düşük sodyum-orta tuzluluk” yani C2-S1 kategorisine yer alırken Wilcox Diyağramı'na göre ise sular “iyi-çok iyi” kategorisinde yer almaktadır. Bu nedenle çalışma alanındaki ölçümü gerçekleştirilen suların bu parametrelere bağlı olarak sulamaya uygun olduğu değerlendirilmekte ve bu suların tuzluluğa orta derecede dayanıklı bitkilerin sulanmasında kullanılması tercih edilmesi önerilmektedir [111].



Şekil 4.3. Çalışma alanındaki suların ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyağramı.



Şekil 4.4. Çalışma alanındaki suların Wilcox Diyagramı.

#### 4.1.3. Suların İçme Suyu Kaynağı Olarak Uygunluğunun Değerlendirilmesi

İçme suyunun en önemli özelliklerinden biri sağlığa zararlı olmaması ve içmenin keyifli olmasıdır. Suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri ve sağlığa uygunluğu onun kimyasal ve bakteriyolojik özellikleriyle ilişkilidir [111]. İçme suyunun izelement/ağır metal miktarı çok önemlidir. Bazı mineraller çok küçük miktarlarda dahi olsa insan sağlığına zararlı etkiler oluşturabilmektedir. Minerallerin hareketi kayadaki toplam konsantrasyona, kayaç özelliklerine, mineral özelliklerine ve çevresel faktörlere (yağış, sıcaklık, pH, Eh vb.) bağlıdır.

İz elementlerin çözünmesi ve hareketi, desorpsiyon-adsorpsiyon, kompleks ayrışma ve oksidasyon-redüksiyon reaksiyonları gibi bazı kimyasal ve biyokimyasal süreçler ile kontrol edilmektedir [111, 112].

Eflani Çayı'nın ilerleyen yıllarda nüfus artışı göz önünde bulundurularak gerekli durumda baraj vb yapılması durumuna karşılık içme suyu açısından Türk ve Dünya içme suyu standartlarına göre değerlendirilmiştir. Buna göre çalışma alanındaki suların elektriksel iletkenlik değerleri 372-456 mikroSiemens/cm arasında değişmekte olup, üst sınır olan 2500 mikroSiemens/cm'yi aşmadığı görülmektedir. pH değerleri 7.55-7.91 aralığında olup, standartları karşılamaktadır.

Suların Sodyum (Na) değerleri 3.66-6.92 mg/L arasında, klorür (Cl) değerleri 2.38-5.61 mg/L arasında, sülfat (SO<sub>4</sub>) değerleri 8.12-16.92 mg/L arasında ve nitrat (NO<sub>3</sub>) değerleri 1.35-2.81 mg/L arasında değişmekte olup standartları aşmamaktadırlar.

İz elementlere ilişkin sonuçlar, Çizelge 4.3'de verilmektedir. Genellikle B, Al, Fe, As, ve Se elementleri içme suyu standartlarında izin verilen sınırları aşmaktadır. Bor (B) konsantrasyonu 0.06 mg/L ila 4.70 mg/L arasında değişmekte olup kurak dönemdeki KD-3 dışındaki tüm sular Türk ve Dünya içme suyu standartlarını aşmaktadır. Alüminyum (Al) konsantrasyonu <0.000-7.51 mg/L aralığında olup kurak dönemde KD-3 ve EG-1 dışındaki tüm sular izin verilen limitleri aşmaktadır. Alüminyum Alzheimer hastalığı gibi sağlığa zararlı etkilere neden olmaktadır [113].

Demir (Fe) konsantrasyonları <0.01-2.66 mg/L arasında değişmekte olup kurak dönemde KD-3 ve EG-1 dışındaki tüm sular standartlardaki izin verilen üst değerleri aşmaktadırlar. Arsenik (As) insan vücudu üzerinde ciddi bir etkiye sahip olduğundan bir diğer önemli kirleticidir ve böbreklere, cilde ve sinir sistemine zarar verebilmektedir [114]. Çalışma alanındaki sular da konsantrasyon 0.23-0.54 mg/L arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre suların tümünde standartlarda verilen sınırlarını aşmaktadır. Benzer şekilde suların selenyum (Se) konsantrasyonu 0.09-0.31 mg/L arasında değişmekte olup standartları aşmaktadır. n üst sınırının (0,01 mg/L) üzerindedir. Bu sonuçlar sular da iz element kirlilikleri gözkendiğini ve içme suyu olarak kullanılması durumunda ilgili iz elementler açısından arıtılması gerektiğini göstermektedir. Bu kirliliklerin çalışma alanı ve çevresindeki mineraller açısından zengin kayaların doğal olarak yıkanmasından ve tarımsal faaliyetler sırasında bilinçsiz gübre ve pestisit kullanımından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



Çizelge 4.3. Çalışma alanındaki suların iz element sonuçları.

<b>Element (mg/L)</b>	<b>KD-1</b>	<b>KD-2</b>	<b>KD-3 (Yağışlı)</b>	<b>KD-3 (Kurak)</b>	<b>EG-1</b>
<sup>11</sup> <b>B</b>	2.59	3.65	3.69	0.06	4.70
<sup>27</sup> <b>Al</b>	4.46	2.00	7.51	<0.005	<0.005
<sup>52</sup> <b>Cr</b>	0.01	0.03	0.04	<0.002	<0.002
<sup>55</sup> <b>Mn</b>	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
<sup>56</sup> <b>Fe</b>	1.94	0.87	2.66	<0.05	<0.01
<sup>63</sup> <b>Cu</b>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
<sup>75</sup> <b>As</b>	0.30	0.27	0.27	0.54	0.23
<sup>78</sup> <b>Se</b>	0.13	0.16	0.19	0.09	0.31
<sup>111</sup> <b>Cd</b>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
<sup>201</sup> <b>Hg</b>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
<sup>208</sup> <b>Pb</b>	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03

Çizelge 4.4. Türk İnsani Tüketim Amaçlı Sular (Sağlık Bakanlığı, 2005) ve Dünya Sağlık Örgütü Standartları (WHO-2006) [82-83].

STANDART	TS 266-2005	WHO-2006
Madde Adı	İzin Verilebilecek Max. Miktar (mg/l)	Yönetmelik Değeri
<b>1. Organoleptik Özellikler</b>		
Berrak, tortusuz, kendine has renkte ve kokusuz olmalıdır		
<b>2. Mikrobiyolojik Özellikler</b>		
2.1. Escherichia coli (E. Coli)	0	
2.2. Enterococci	0	
2.3. Pseudomonas aeruginosa	(-)	
2.4. Koloni sayısı, 22 °C'de	(-)	
2.5. Koloni sayısı, 37 °C'de	(-)	
<b>3. Kimyasal Özellikler</b>		
3.1. Antimon (Sb)	0.005	0.02
3.2. Arsenik (As)	0.01	0.01
3.3. Baryum (Ba)		0.7
3.3. Benzen	0.001	0.01
3.4. Bor (B)	1	0.5
3.5. Bromat (BrO <sub>3</sub> )	0.01	0.01
3.6. Kadmiyum (Cd)	0.005	0.003
3.7. Krom (Cr)	0.05	0.05
3.8. Bakır (Cu)	2	2
3.9. Siyanür (CN)	0.05	0.07
3.10. Florür (F)	1.5	1.5
3.11. Kurşun (Pb)	0.01	0.01
3.12. Civa (Hg)	0.001	0.006
3.13. Molibden (Mo)		0.07
3.14. Nikel (Ni)	0.02	0.07
3.15. Nitrat (NO <sub>3</sub> )	50	50
3.16. Nitrit (NO <sub>2</sub> )	0.5	3 - 0.2
3.17. Pestisitler	0.0001	
3.18. Toplam Pestisit	0.0005	
3.19. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar	0.0001	
3.20. Selenyum (Se)	0.01	0.01
<b>4. Yukarıdaki Standartlara Uygunluğun İzlenmesinde Dikkate Alınacak Özellikler</b>		
4.1. Alüminyum (Al)	0.2	0.2
4.2. Amonyum (NH <sub>4</sub> )	0.5	
4.3. Klorür (Cl)	250	
4.4. Clostridium perfringens	0	
4.5. Renk	20 (pt-Co) skalası	
4.6. İletkenlik	2500 µS/cm	
4.7. pH	6,5 - 9,5	
4.8. Demir (Fe)	0.2	
4.9. Mangan (Mn)	0.05	0.4
4.10. Koku	Suyun kokusunda fark edilebilir bir değişiklik olmamalıdır	
4.11. Sülfat (SO <sub>4</sub> )	250	
4.12. Sodyum (Na)	200	
4.13. Tat	Suyun kendine has tadında fark edilebilir değişiklik olmamalıdır	
4.14. Koloni sayısı 22 °C'de	Fark edilebilir bir değişiklik olmamalıdır	
4.15. Koliform bakteri	0	
4.16. Toplam organik karbon	Fark edilebilir bir değişiklik olmamalıdır	
4.17. Bulanıklık	5 NTU	
4.18. Trityum ( <sup>3</sup> H)	100 Bq/L	
4.19. Toplam gösterge dozu	0,1 mSv/yıl	
4.20. Alfa aktivitesi	0,1 Bq/L	
4.21. Beta Aktivitesi	1 Bq/L	
4.22 Uranyum		0.015

(-) işareti bu özelliğin aranmayacağı, boş alanlar ise yönetmelikte herhangi bir değer olmadığını ifade etmektedir.

#### 4.1.4. İzotop Verilerinin Değerlendirilmesi

Suların kökenlerinin ve yeraltı dolanım süresinin tesbiti amacıyla yaptırılan Oksijen-18-Döteryum ( $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ ) ve Trityum ( $^3\text{H}$ ) izotop analiz sonuçları Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Çalışma alanındaki bazı sularının izotop analiz sonuçları.

Su No	Trityum (TU)	Döteryum (VSMOW %)	Oksijen-18 (VSMOW %)
KD-1	10.27 $\pm$ 0.59	-65.08 $\pm$ 1.16	-9.80 $\pm$ 0.09
EG-1	8.13 $\pm$ 0.55	-65.53 $\pm$ 1.17	-9.69 $\pm$ 0.10
KD-2	7.09 $\pm$ 0.55	-67.44 $\pm$ 1.19	-9.96 $\pm$ 0.12
KD-3 (Y)	8.14 $\pm$ 0.58	-66.88 $\pm$ 1.29	-10.01 $\pm$ 0.14
KD-3 (K)	6.29 $\pm$ 0.53		

##### 4.1.4.1. Trityum İle Suların Yaşlarının Tayini

Trityum, kozmik ışınların üst atmosferdeki hidrojenle etkileşimleriyle doğal olarak üretilmekte ve troposfere taşınmaktadır. Yapay olarak ise bu radyonüklidlerin çevresel seviyeleri nükleer silah testleri sırasında yükselmiştir [115-116]. Atmosfere salındığında, inorganik trityum hızla HTO şeklinde oksitlenebilmektedir. HTO, insan vücuduna soluma, deri yoluyla emilim veya yiyecek ve içme suyunun yutulması yoluyla girebilmektedir [117-118]. Vücutta, HTO hücre dışı doku ve hücre içi su ile hızla karışmakta ve küçük bir kısmı organik moleküllere bağlı hidrojenin yerini alabilmektedir. Bu nedenle, HTO'ya sürekli maruziyetin izlenmesi önemli olmaktadır [119-120].

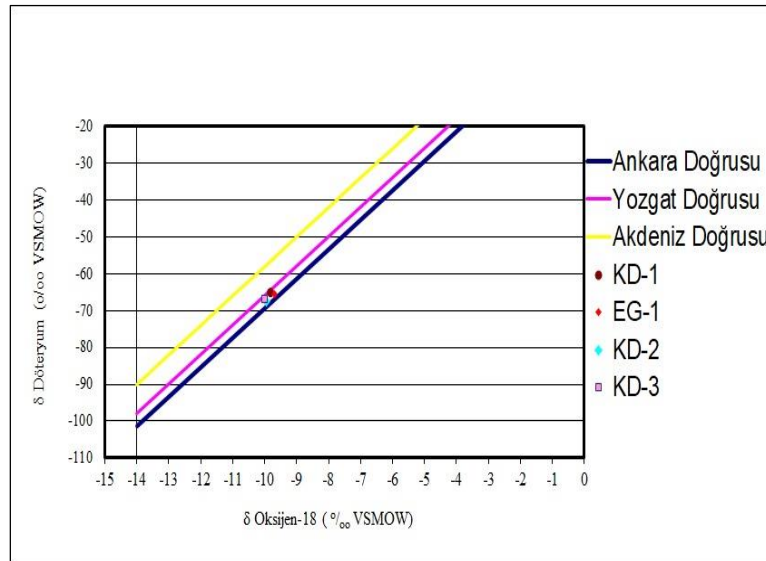
Çalışma alanı suların trityum değerleri 6.29 TU ile 10.27 TU arasında değişmektedir (Çizelge 4.5). Clark ve diğ. (1997) [90] Çizelge 4.6’da verilen suların yaşlarına dair niteliksel bir yaklaşım önermişlerdir. Bu yaklaşıma göre sular “modern” beslenime sahip oluo çoğunlukla 5 ila 10 yıllık yağışlar ilişkili oldukları ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte özellikle kurak dönemde Trityum değerinin düşük olması bu akarsuların besleniminde dikkate alınacak oranda yeraltısularının katkısının varlığını göstermektedir. Bölgede büyük alanlara yayılmış durumda olan kartik kireçtaşlarının varlığı ve çalışma alanının içinde ve yakın çevresinde ırmak kotu ile benzer kotlarda boşalan karstik kaynakların varlığı bu durumu desteklemektedir.

Çizelge 4.6. Clark ve Fritz (1997)' in önerdiği kıtasal bölgeler için geçerli olan kalitatif yaklaşım [90].

Trityum Değeri (TU)	Yaşlandırma
<0.8 TU	Yarı modern-1952'den önce beslenmiş
.8 ~4 TU	Yarı modern ve şimdiki beslenimin karışımı
5 -15 TU	Modern (<5-10yıl)
15 – 30 TU	Bir miktar bomba trityumu var
>30 TU	1960 veya 1970'li yıllardaki beslenme bileşenleri önemli miktarda bulunuyor
>50 TU	1960'lı yılların beslenimi baskın

#### 4.1.4.2. Oksijen 18 – Döteryum İzotopları Değerlendirmesi

Doğal sularda döteryum ve oksijen-18'in varlığı uzun zamandır bilinmekle birlikte kromatografik analiz tekniklerinin geliştirilmesi ile birlikte sistematik olarak güvenilir veri toplamak mümkün olabildi [120, 121]. Çizelge 4.5 çalışma alanındaki suların oksijen-18 ve döteryum analiz sonuçlarını göstermektedir. Çalışma alanındaki yüzey sularının  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri ‰ -9.69 ile ‰ -10.01 arasında,  $\delta^2\text{H}$  değerleri ise ‰ -65.08 ile ‰ -67.44 arasında değişmektedir. Bu suların kökenlerini belirlemek için Şekil 4.5'de verilen grafik kullanılmış ve yüzey sularının genellikle Ankara meteorik su doğrusu ile Yozgat meteorik [122, 123] su doğrusu arasında kaldığı ve böylece suların meteorik kökenli olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.5. Çalışma alanındaki bazı kaynakların Oksijen-18-Döteryum grafiği.

## 4.2. TAŞKIN ANALIZI

Taşkın değerlendirme metodolojilerindeki ilerlemelerin, özellikle yağış-akış modellerinde, taşkın tehlikesi risklerini ortaya koyabilen fırtına olaylarının hidrolojik özelliklerini değerlendirmede etkili olduğu kanıtlanmıştır [124, 125]. Yağış verilerinde hataların olması su havzalarındaki taşkın özelliklerinin değerlendirilmesinde karmaşıklık yaratmaktadır [126]. Son zamanlarda, akım gözlem istasyonu bulunmayan havzalarda ve taşkın tahmin değerlendirmesinde yağış-akış tahmin modelleri etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikler iyi bilinen bir teknolojidir ve ayrıca ilerleme ve uygulama kolaylığı sağlamaktadır. Farklı havzalar için pik taşkın debilerinin mekansal-zamansal analizini belirlemek için istatistiksel modeller, hidrografik ve uzaktan algılama jeo-konumsal tekniklerini kullanmak için bir dizi çalışma yapılmıştır [127].

Bu çalışmada Eflani Çayı Havzası'nda akım gözlem istasyonu bulunmadığından Netcad yazılımı kullanılarak havza çevresindeki Karabük, Ocacık ve Cide yağış gözlem istasyonlarının günlük maksimum yağış verileri yardımıyla, DSİ Sentetik ve Mockus yöntemleri kullanılarak farklı tekerrür yıllarına ait taşkın debileri saptanmış ve taşkın yayılım alanları saptanmaya çalışılmıştır.

### 4.2.1. Havza Modellemesi

Havza modellemesinde çalışma alanının 1/25.000 ölçekli sayısallştırılmış topoğrafik haritaları kullanılmıştır. Modellemede TauDEM algoritması ve D8 akım modeli dikkate alınmıştır. Buna göre Eflani Çayı Havzası'nın drenaj alanı 547 km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.6'da modellenen ana havza, alt havzalar ve akım ağları gösterilmektedir.



Çizelge 4.7. Havzayı etkileyen istasyonlar için farklı tekerrür yıllarına ait 24 saatlik yağış dağılım sonuçları.

Meteoroloji istasyonu	Thiessene yağış alanlar (km <sup>2</sup> )	Temsil oranı (%)	2	5	10	25	50	100
<b>Karabük</b>	397.7	0.73	22.40	30.85	37.35	46.65	54.42	62.97
<b>Cide</b>	20.9	0.04	2.59	3.57	4.30	5.31	6.13	6.99
<b>Ovacık</b>	128.1	0.23	7.91	10.43	12.06	14.07	15.55	17.01
<b>Proje Yağış Alanı (km<sup>2</sup>)</b>	546.71	1.00						
	24 saatlik havza yağışı		32.90	44.86	53.71	66.04	76.10	86.97

Çizelge 4.8. Karabük istasyon ait Plüviyograf Katsayıları (Plv) [99].

Plv (Karabük)	2	4	6	8	12	18	24
	0.545	0.640	0.710	0.770	0.845	0.925	1.000

#### 4.2.2. Taşkın Debi Hesabı

##### 4.2.2.1. DSİ Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi Kullanılarak Yapılan Taşkın Debi Hesabı

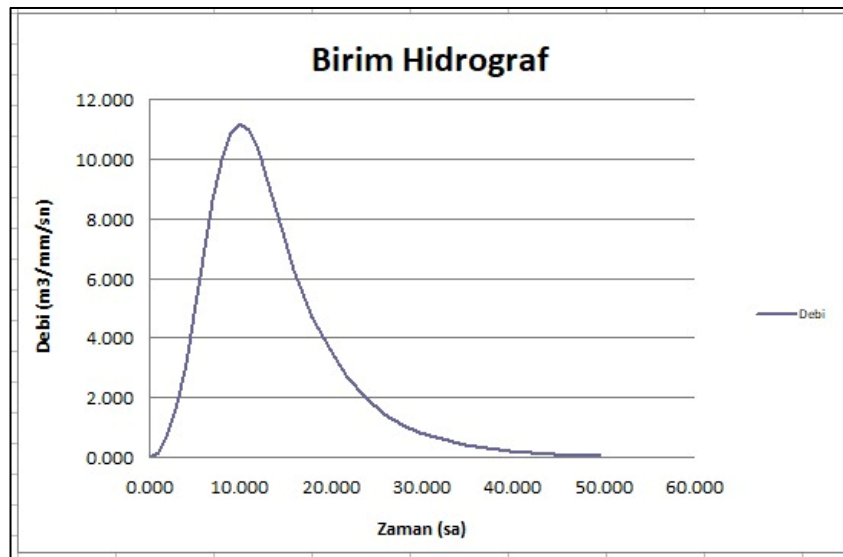
Taşkın hesaplamaları için gerekli olan havza'nın harmonik eğimi 50 parça üzerinden hesaplanarak 0.008 olarak saptanmıştır. Havzanın hidrojeolojik özellikleri, arazi kullanımı ve daha önce yapılan çalışmalar dikkate alınarak taşkın analizi için gerekli olan Toprak Eğri Numarası 80 olarak kabul edilmiştir [105-106-107]. Çizelge 4.9'da 1:25 000 ölçekli topoğrafik harita yardımıyla DSİ Sentetik Yönteme göre 2, 4, 6, 8, 12, 18 ve 24 saatlik mertebede 5, 10, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık tekerür yıllarına ait hesaplama sonuçları verilmiştir. Buna göre DSİ Sentetik Yöntemi'ne göre 24 saatlik yağış için 100 yıllık tekrarlama aralığındaki muhtemel debi 258.097 m<sup>3</sup>/sn olarak hesaplanmaktadır. Şekil 4.8' de ise taşkın hesaplamalarda dikkate alınan DSİ birim hidrografı verilmiştir.

Çizelge 4.9. CN 80 için DSİ Sentetik Yönteme göre hesap girdileri ve sonuçları.

Parametreler	
(S) Harmonik Eğim	0.008
L (uzunluk) (m)	57023.453
Havza Alanı (A, km <sup>2</sup> )	546.708
(Lc) merkezin havza giriş veya çıkış noktasına olan en uzun mesafesidir. (km)	32.618
Eğri Numarası (L.Lc/kökS)	20456109.396
Qp = A*1*qv*10 <sup>-3</sup> (m <sup>3</sup> /sn/mm)	11.195
Kullanıcı tanımlı qp (lt/sn/km <sup>2</sup> /mm)	20.477
DSİ qp (1mm lik için Akış İçin verimi (lt/sn/km <sup>2</sup> /mm):	20.477
DSİ Vb (Birim Hidrograf Hacmi, m <sup>3</sup> )	546708.182
DSİ T (Hidrografın devam süresi, saat)	49.513
DSİ Tp (Hidrografın pike erişme süresi, saat)	9.903
Kaç Yıllık Debi	100.000
Hesap Debisi (m <sup>3</sup> /sn) (CN80) (2 saatlik)	74.791

Çizelge 4.10. DSİ Sentetik Yöntemine göre taşkın debileri (m<sup>3</sup>/sn).

Debi	2	4	6	8	12	18	24
Q2	0.000	2.865	7.599	12.078	16.908	21.324	25.037
Q5	4.183	17.036	29.378	39.079	47.856	53.847	59.514
Q10	12.298	34.518	53.534	67.559	79.028	85.848	92.350
Q25	30.029	67.413	96.671	116.973	131.717	139.188	147.033
Q50	49.435	100.588	138.753	164.252	181.971	189.360	198.055
Q100	74.791	141.890	190.178	221.684	242.148	249.954	258.097
Q500 =							355.026
Q1000 =							403.636



Şekil 4.8. DSİ Sentetik Yöntemi birim hidrografı.



#### 4.2.2.2. Mockus Birim Hidrograf Yöntemi Kullanılarak Yapılan Taşkın Debi Hesabı

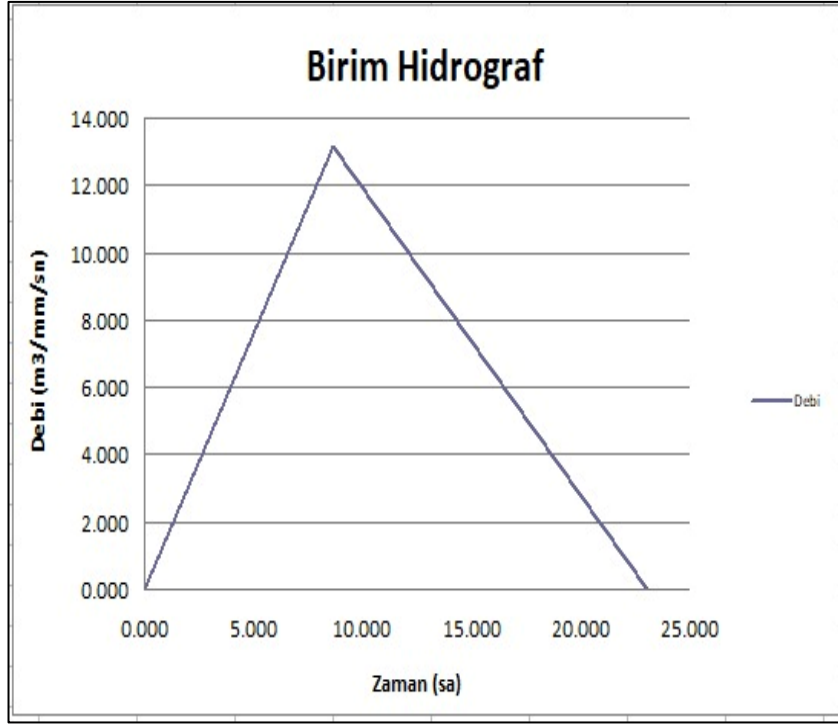
Çizelge 4.11’da Mockus Birim Hidrograf Yöntemine göre hesap girdileri ve sonuçları verilmiştir. Hesaplamalarda havza katsayısı (K) hem 0.208 hem de 0.163 alınarak işlem yapılmıştır. Bu yöntemde Karabük Plv katsayıları kullanılarak K, 0.163 katsayısı için 100 yıllık tekrarlama aralığındaki muhtemel taşkın debisi 280.0 m<sup>3</sup>/sn olarak hesaplanmıştır. Analiz sonucunda hidrografın pik debisi 13.162 m<sup>3</sup>/sn, pik debinin oluşması için geçen süre ise 8.640 saat olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.9).

Çizelge 4.11. CN 80 için Mockus Yönteme göre hesap girdileri ve sonuçları.

Parametreler	
Havza ID:	1
Metod:	Mockus
Havza K Katsayısı:	0.208
(S) Harmonik Eğim	0.008
L (uzunluk) (m)	57023.453
(A) Havza Alanı (km <sup>2</sup> )	546.708
SONUÇLAR	
(Tc) Toplanma Süresi = 0,00032 (L0,77(m) / S0,385 )	9.314
(D) Yağış Süresi = 2*(Tc)1/2	6.104
(Tp) Hidrografın yükselme zamanı = 0,5D +0,6Tc	8.640
(Tr) Hidrografın Alçalma Süresi = Tr = 1.67 x Tp	14.429
(Tp) Yağış Süresi = Tp + Tr	23.069
(Qp) Pik Debi (m <sup>3</sup> /mm/sn) = K*A*ha/TP	13.162
HESAP DEBİSİ (m <sup>3</sup> /mm/sn)	
Kaç Yıllık Debi	100.000
Hesap Debi (m <sup>3</sup> /mm/sn) (K=0.208)	357.269

Çizelge 4.12. Mokus Yöntemine göre taşkın debileri (m<sup>3</sup>/sn).

							24-hour rainfall recurrence values of the drainage area						
							2	5	10	25	50	100	
APPLIED METHOD	T(hour)	%	MF	YADK	PLV	LAST PRODUCT	32.899	44.856	53.706	66.041	76.099	86.965	
Mockus	12.00	1	1.130	0.874	0.845	0.835	27.470	37.454	44.844	55.143	63.541	72.615	
FLOW (mm)							2.281	6.074	9.678	15.550	20.907	27.144	
Q P=							13.162	30.015	79.937	127.382	204.657	275.163	357.256
K1=							0.208						
Qp=							10.314	23.5	62.6	99.8	160.4	215.6	280.0
K2=							0.163						
FLOW CALCULATIONS													
S=((1000/ENII) - 10) * 25,4													
ENII =							78.693						
S =							68.774						
0,25 =							13.755						
0,85 =							55.019						
hakiş=(P - 0,25)2 / ( P + 0,85 )													
Q500 m <sup>3</sup> /s							516.329						
Q1000 m <sup>3</sup> /s							584.831						



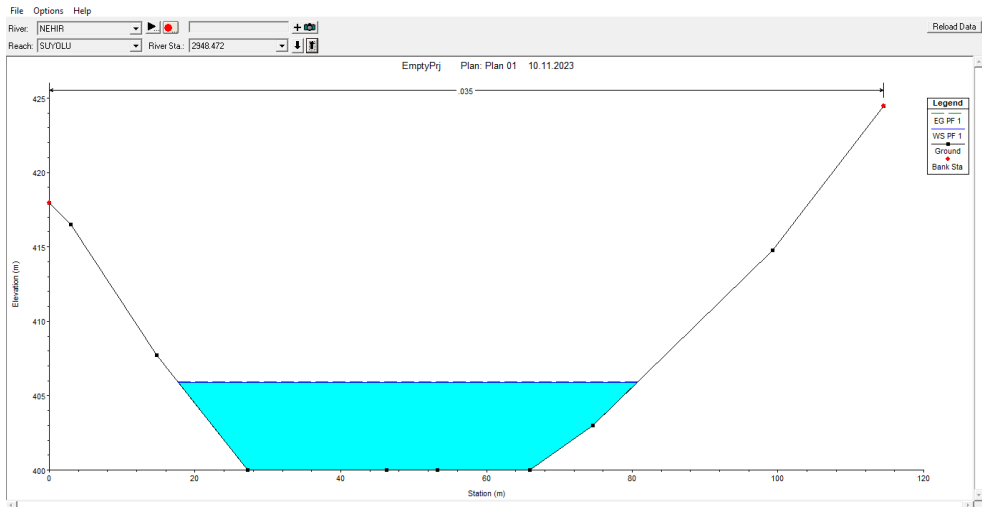
Şekil 4.9. Mockus Yöntemi birim hidrografı.

#### 4.2.3. Taşkın Yayılım Alanları

Eflani Çayı'nın Araç Çayı'na boşalım noktasına yakın mansap yakınındaki akış kolu üzerinde farklı uzunluklarda düşey kesitler alınarak (Şekil 4.10), DSİ Sentetik yöntemine Q100 taşkın debisine göre taşkın yayılım alanları belirlenmiştir (Şekil 4.10). Oluşturulan kesitlerin kontrolü için Hec-Ras yazılımı kullanılmıştır (Şekil 4.11). Bu sonuçlara göre olası 100 yıllık taşkın debisine göre Eflani Çayı mansap havzasındaki akış kolundaki yüzey suyu seviyesinin ilgili arazi ve topoğrafik koşullar altında ve dar kesimlerde yaklaşık 5 m'ye kadar çıkabileceği tespit edilmiştir. Bu durumda taşkınların mansap noktasına yakın alanları ve civardaki yerleşim yerlerini etkileyebileceği ve bu konuda çeşitli tehlikeler oluşturabileceği tespit edilmiştir.



Şekil 4.10. Eflani Çayı mansap alt havzası'nın Q100 debisine göre belirlenen taşkın yayılım alanları.



Şekil 4.11. Eflani Çayı mansabında Hec-Ras yazılımı kullanılarak elde edilen herhangi bir en kesitin görünümü.

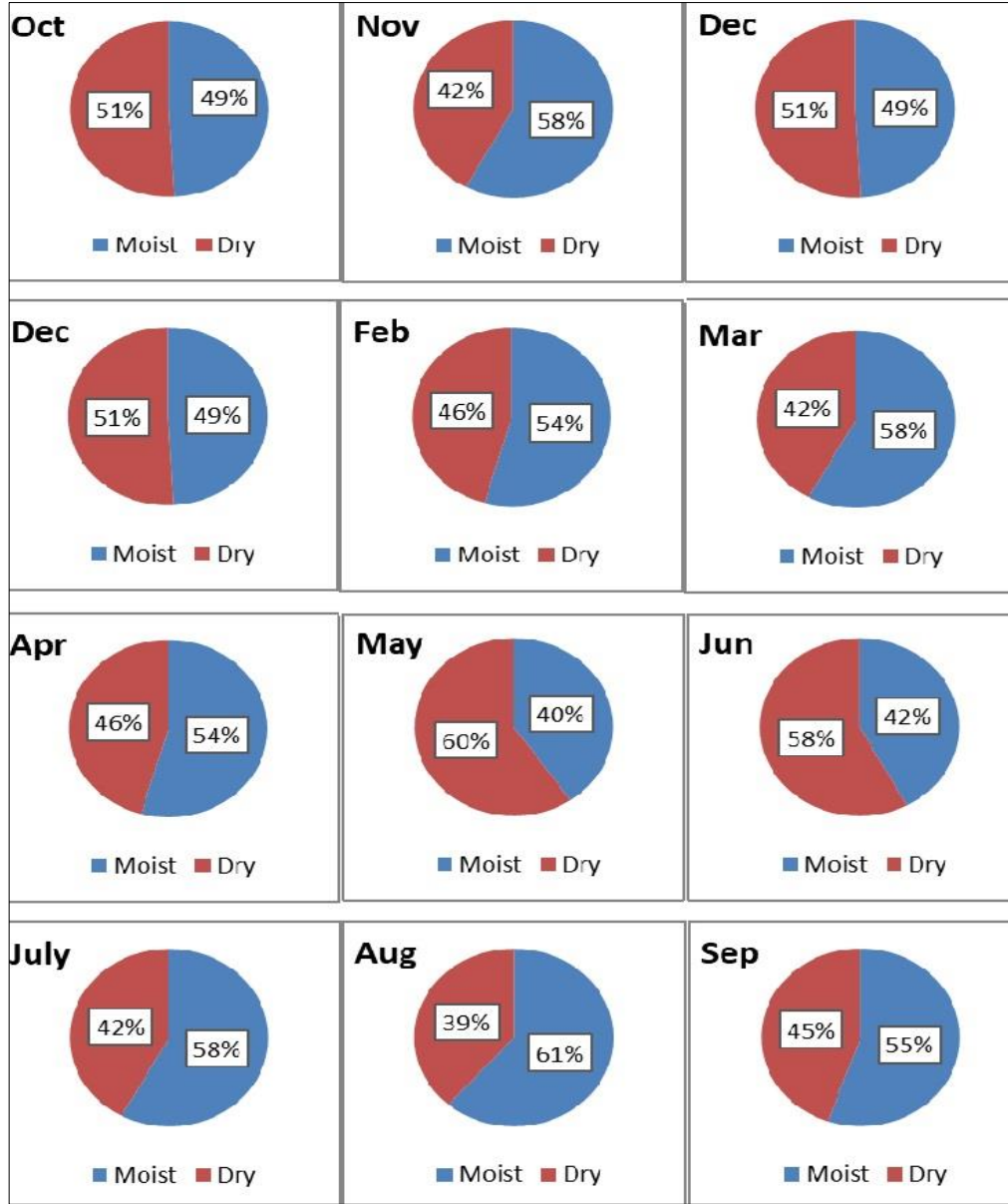
### 4.3. KURAKLIK ANALİZİ

Bu çalışmada, verileri kuraklık analizleri için uygun olan Karabük ve Bartın yağış gözlem istasyonlarının 1965 ile 2022 yılları arasındaki aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak Standart Yağış İndeksi (SPI) ve Keşif Kuraklık İndeksi (RDI) yöntemiyle çalışma alanı ve çevresinin 1, 3, 6 ve 12 aylık dönemler mertebesinde meteorolojik kuraklık hassasiyetleri saptanmıştır.

#### **4.3.1. Karabük Yağış Gözlem İstasyonunda SPI Meteorolojik Kuraklık Analizi**

Karabük Yağış Gözlem İstasyonunda 1965-2022 yılları arasında ölçülen aylık toplam yağış verileri kullanılarak 1, 3, 6 ve 12 aylık dönemlere ait SPI değerleri incelenmiştir. Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'de kurak/nemli dönem dağılımları görülmektedir. Bu değerlerine bağlı olarak kuraklık oranlarının %39 ile %60 arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek kuraklık oranı %60 ile Mayıs ayında, en düşük kuraklık oranı ise %39 ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. SPI-3 değerlerine göre %53 ile Nisan dönemi en kurak dönem olarak kendini göstermektedir. Yıllık merteye de ise %55 oranında kuraklık ve % 45 oranında nemli dönemlerin gözleendiği saptanmıştır.

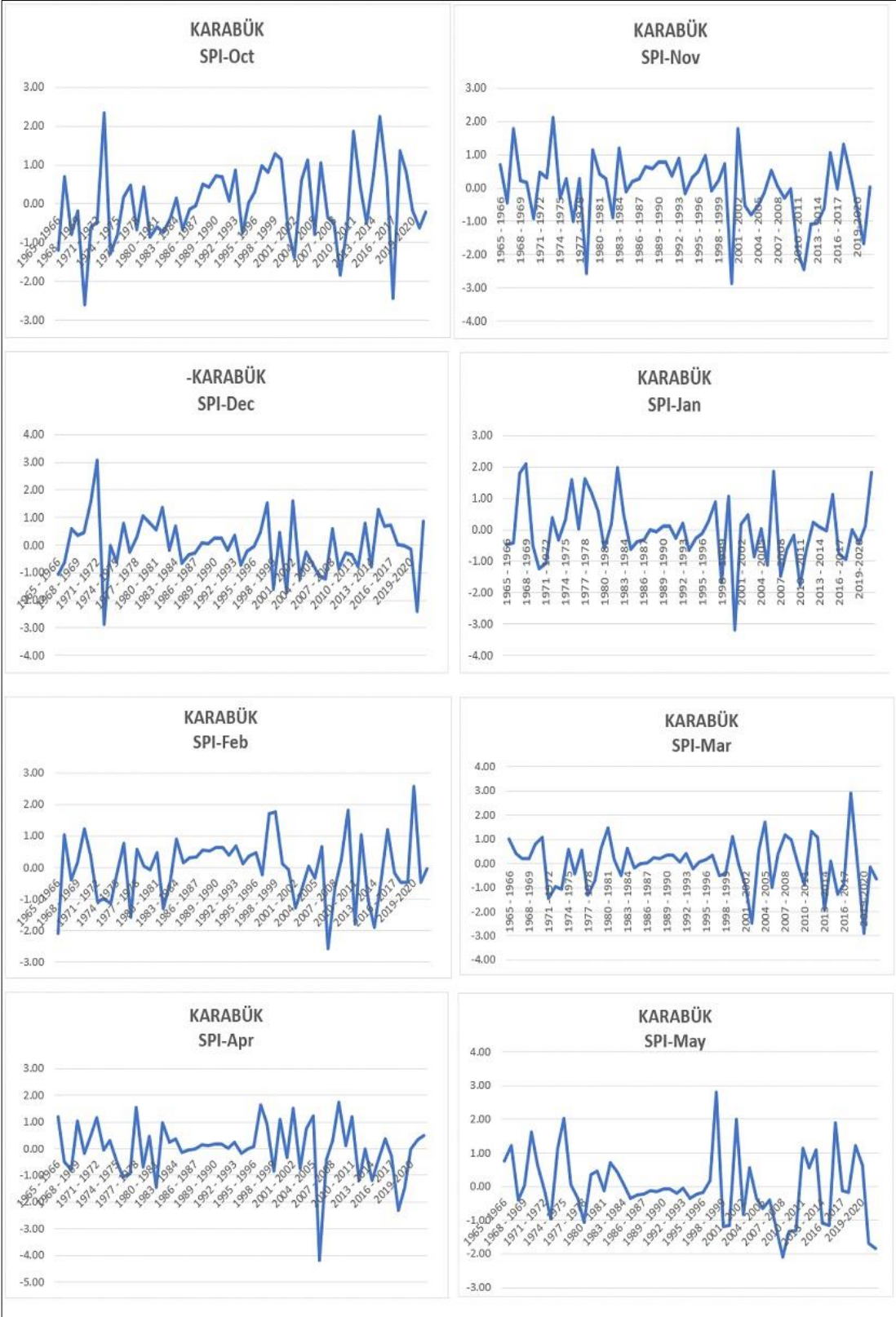
Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'de verilen 1, 3, 6, 12 aylık SPI değerlerin zamansal analizi incelendiğinde aylık mertebeye en kurak döneminin Nisan 2005-2006'de gerçekleştiği ve en nemli dönemin ise Aralık 1971-1972'de gerçekleştiği saptanmıştır. Yıllık mertebeye en kurak dönemin 1977-1978 yıllarında gözleendiği, en nemli dönemin ise 1997-1998 yılları arasında gerçekleştiği belirlenmiştir. Ayrıca aylık ve yıllık mertebeye genellikle 1984-1999 yılları arasında nemli dönemlerin varlığı kendini göstermektedir.



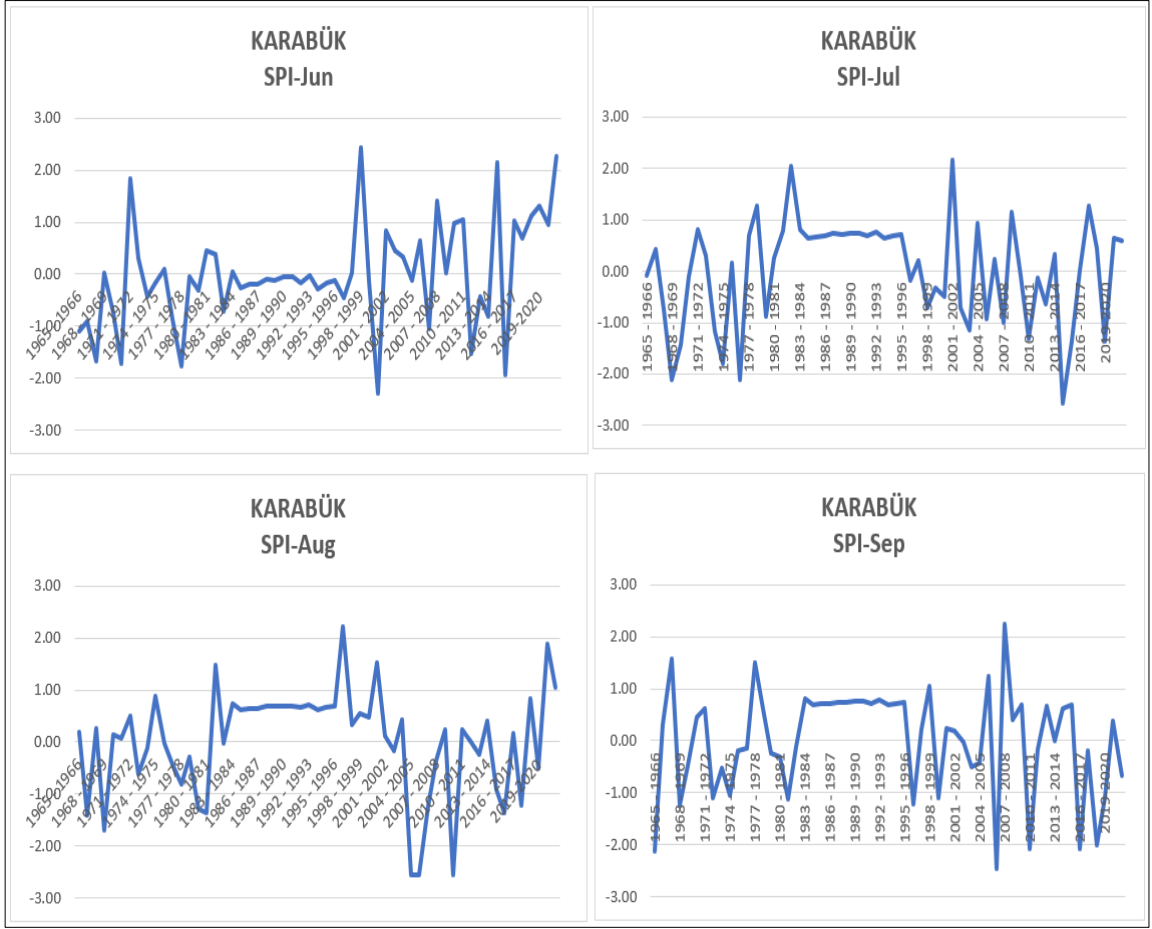
Şekil 4.12. Karabük Yağış Gözlem İstasyonu'nun aylık SPI değerlerinin kurak/nemli dönem dağılımları.



Şekil 4.13. Karabük Yağış Gözlem İstasyonu'nun 3, 6, ve 12 aylık SPI değerlerin kurak/nemli dönem dağılımları.

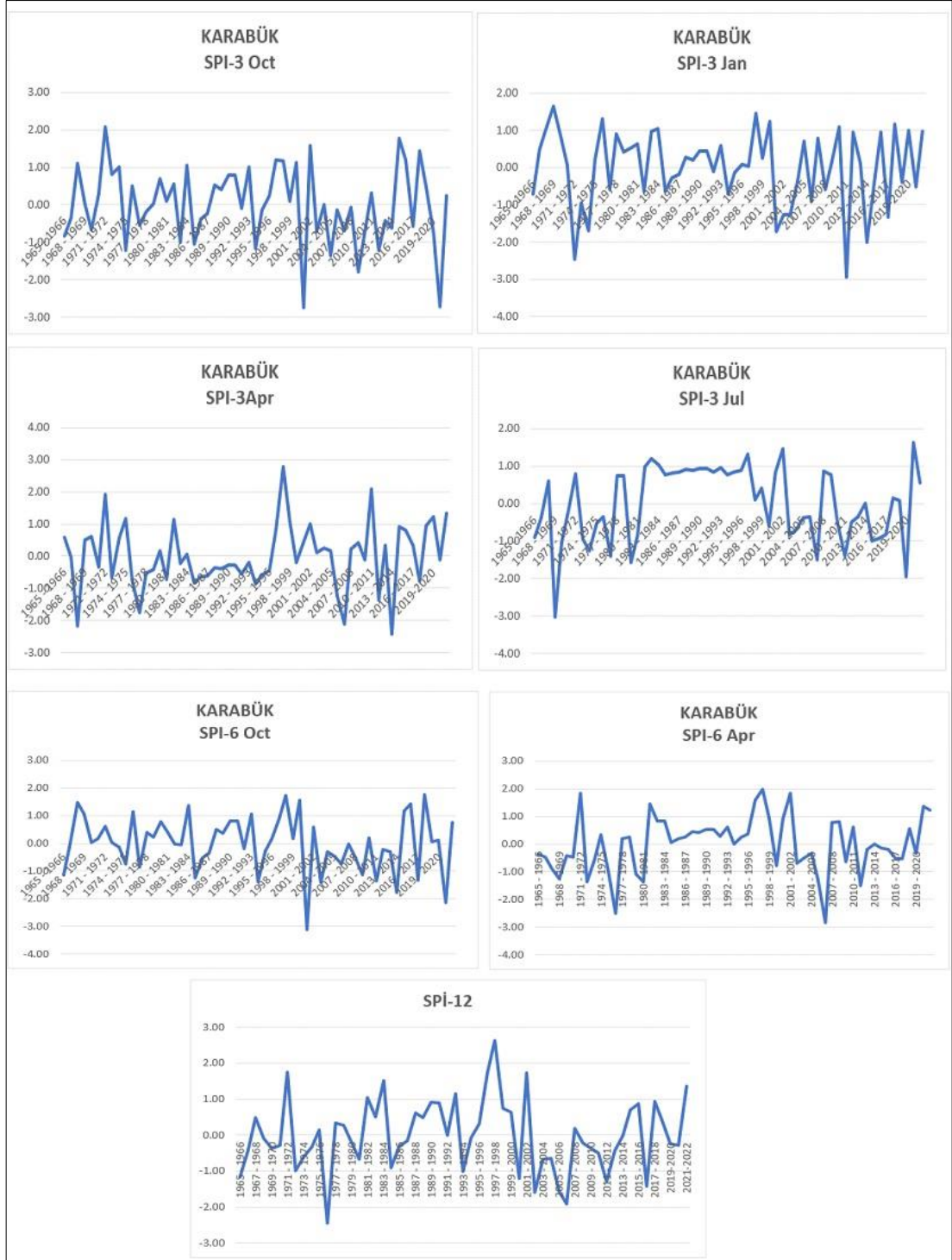






Şekil 4.14. Karabük Yağış Gözlem İstasyonu'nun SPI-1 aylık değerlerin zamansal analizi.



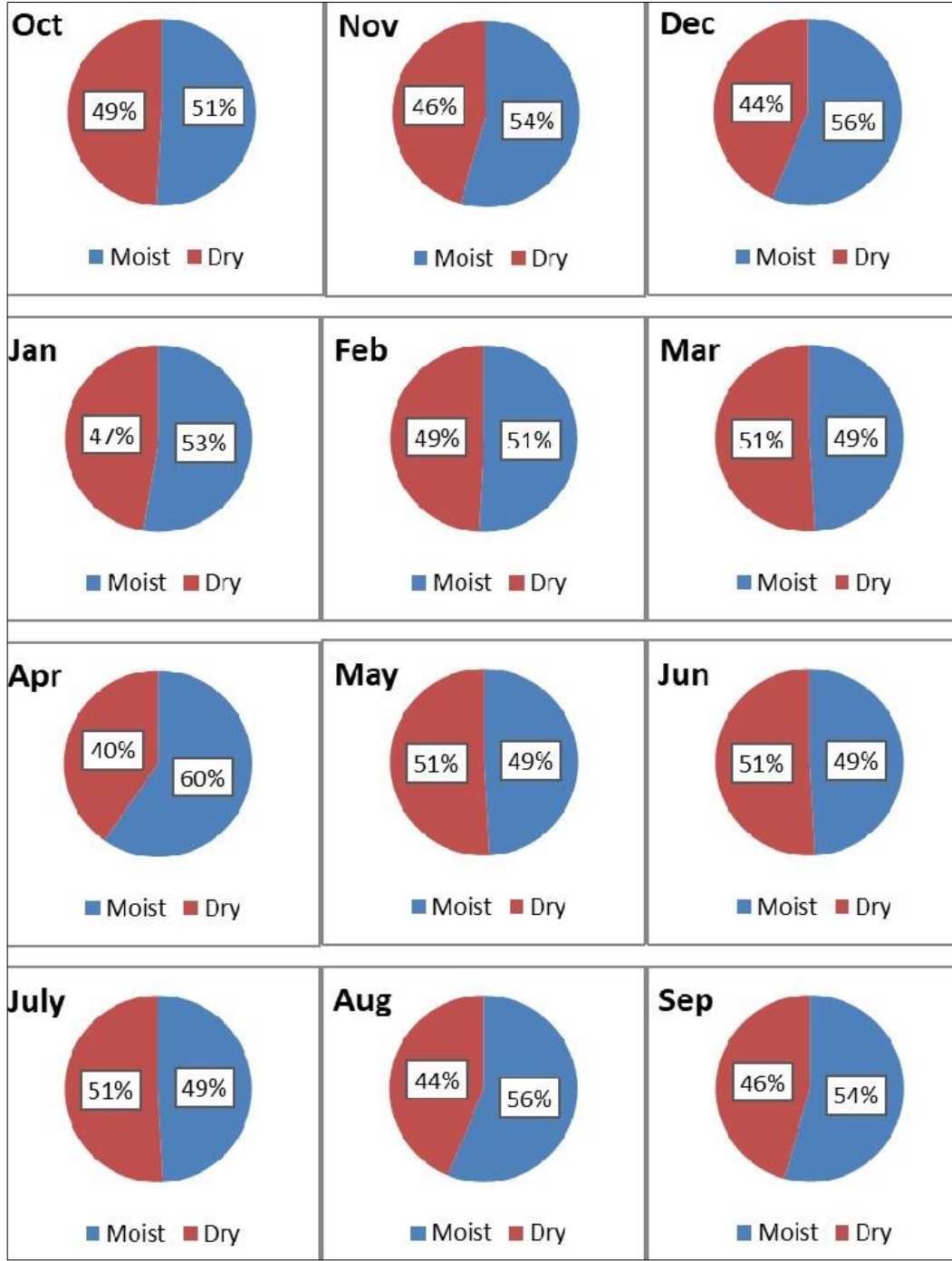


Şekil 4.15. Karabük'ün Yağış Gözlem İstasyonu'nun SPI-3, SPI-6 ve SPI-12 aylık değerlerin zamansal analizi.

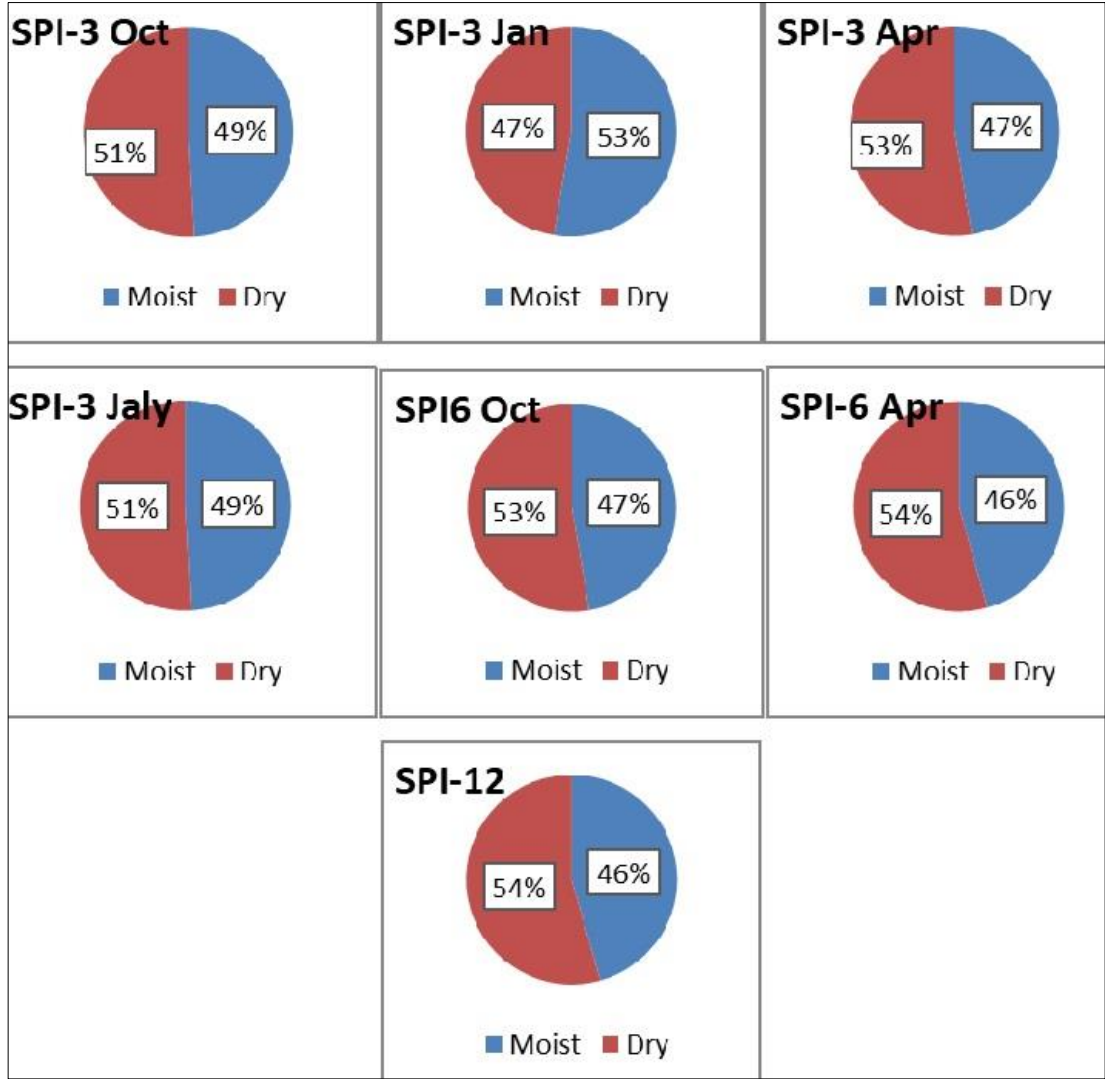
#### **4.3.2. Bartın Yağış Gözlem İstasyonunda SPI Meteorolojik Kuraklık Analizi**

Bartın Yağış Gözlem İstasyonunda 1965-2022 yılları arasında ölçülen aylık toplam yağış verileri kullanılarak 1, 3, 6 ve 12 aylık dönemlere ait SPI değerleri incelenmiş ve Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’de kurak/nemli dönem dağılımları verilmiştir. Şekil 4.16’te aylık kuraklık oranının %40 ile %51 arasında değiştiği, en yüksek kuraklık oranının %51 ile Mart, Mayıs ve Temmuz aylarında, en düşük kuraklık oranı ise %40 ile Nisan ayında gerçekleştiği görülmektedir. Standart Yağış İndeksi (SPI) değerlerine ilişkin 3, 6 ve 12 aylık kurak ve nemli dönemler Şekil 4.17’de verilmiş olup şekilde SPI-3 değerleri için en kurak dönemin %53 ile Nisan ve Ekim dönemlerinde meydana geldiği, SPI-12’e göre ise %54 kurak dönemlerin ve %46 nemli dönemlerin yaşanmış olabileceği kendini göstermektedir.

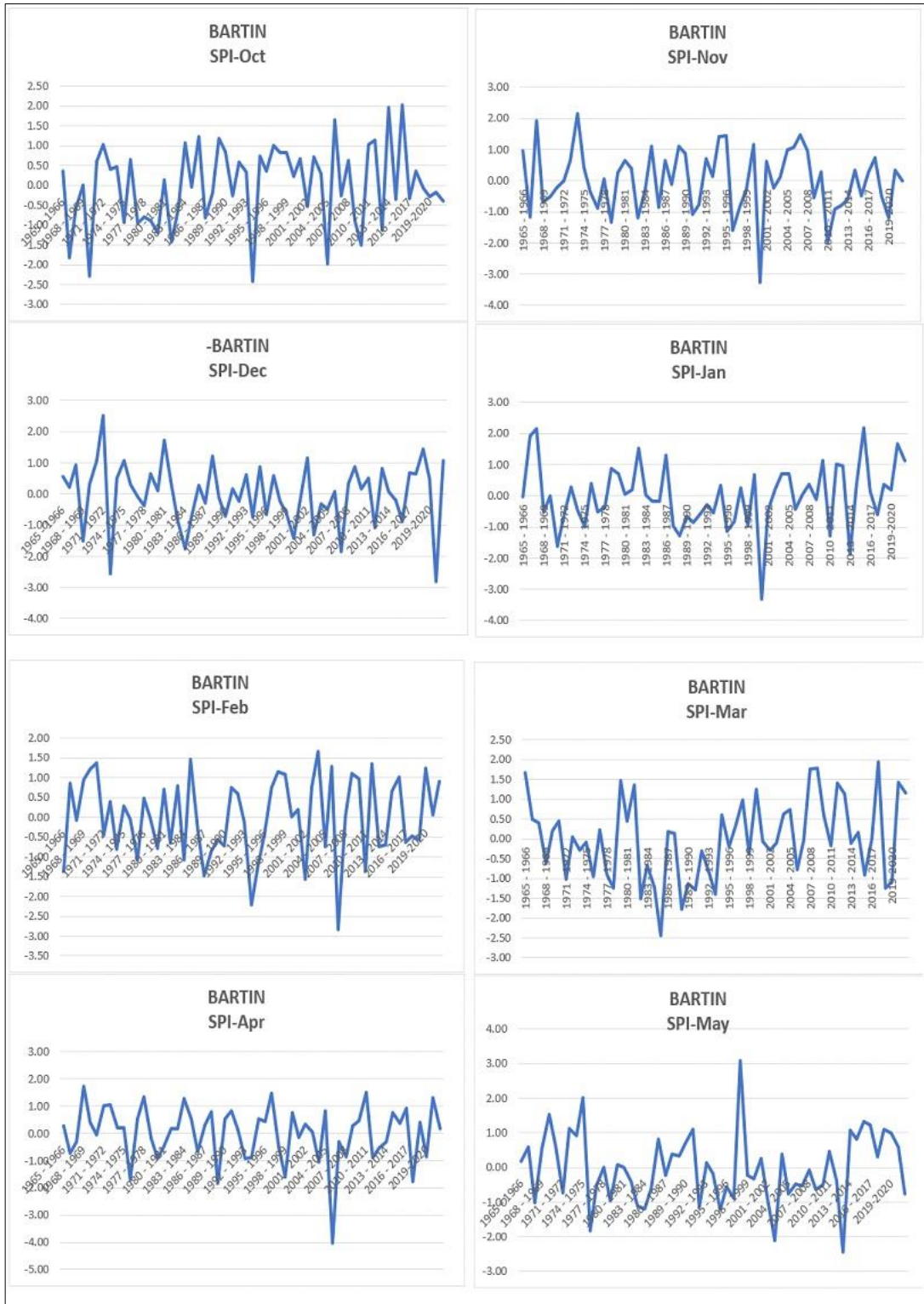
Şekil 4.18 ve Şekil 4.19’de verilen 1, 3, 6, 12 aylık SPI değerlerin zamansal analizi incelendiğinde aylık mertebede en kurak döneminin Karabük istasyonu verilerine benzer şekilde Nisan 2005-2006’de gerçekleştiği görülmektedir. 3 aylık mertebede en yüksek kurak dönem yine Nisan 2005-2006’ döneminde meydana gelmiştir. Yıllık mertebede ise en kurak dönemin 1977-1978 yıllarında gözleendiği, en nemli dönemin ise 1993-1994 yılları arasında gerçekleştiği saptanmıştır. Bununla birlikte Karabük istasyonundan farklı olarak aylık ve yıllık mertebede 1984-1999 yılları arasındaki belirgin bir nemli dönemlerin varlığı Bartın istasyonu için gözlenmemektedir.

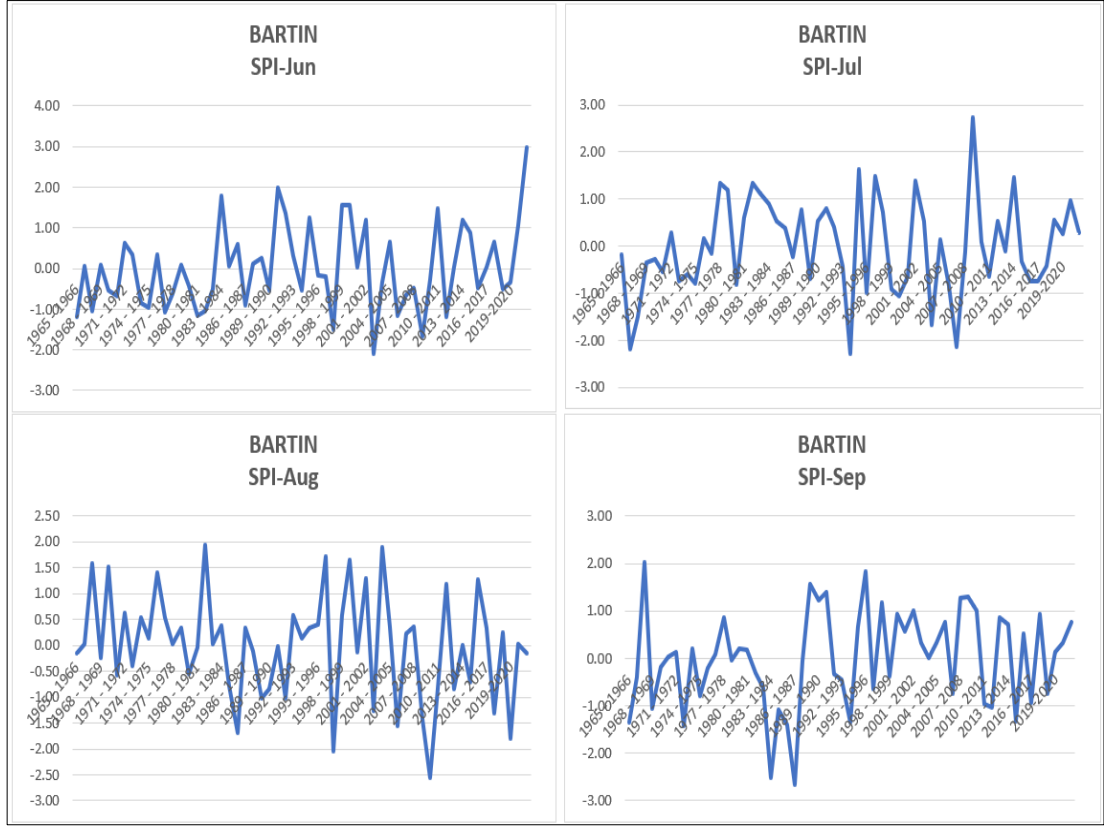


Şekil 4.16. Bartın Yağış Gözlem İstasyonu'nun aylık SPI değerlerinin kurak/nemli dönem dağılımları.



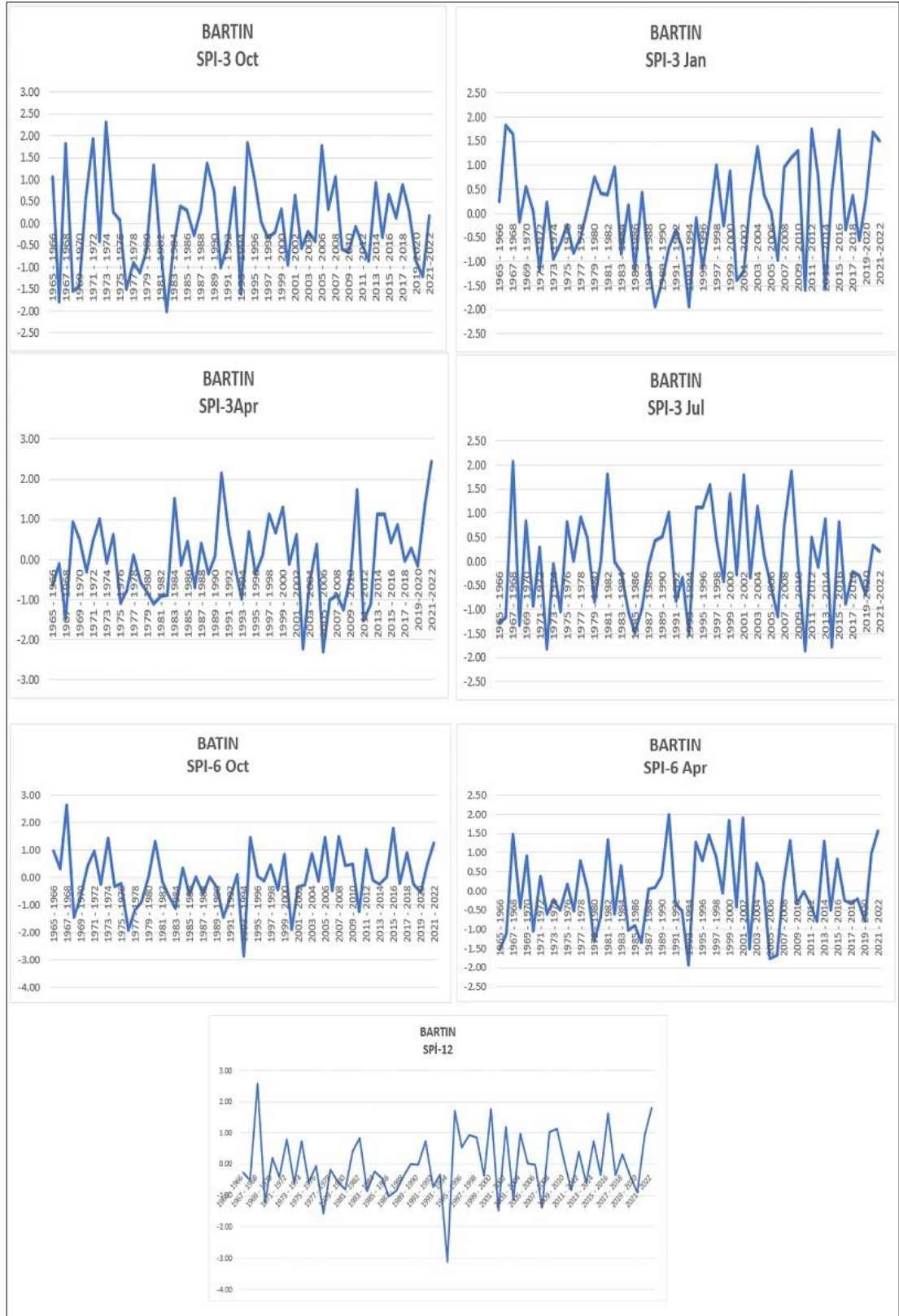
Şekil 4.17. Bartın Yağış Gözlem İstasyonu'nun 3, 6, ve 12 aylık SPI değerlerin kurak/nemli dönem dağılımları.





Şekil 4.18. Bartın Yağış Gözlem İstasyonu'nun SPI-1 aylık değerlerin zamansal analizi.



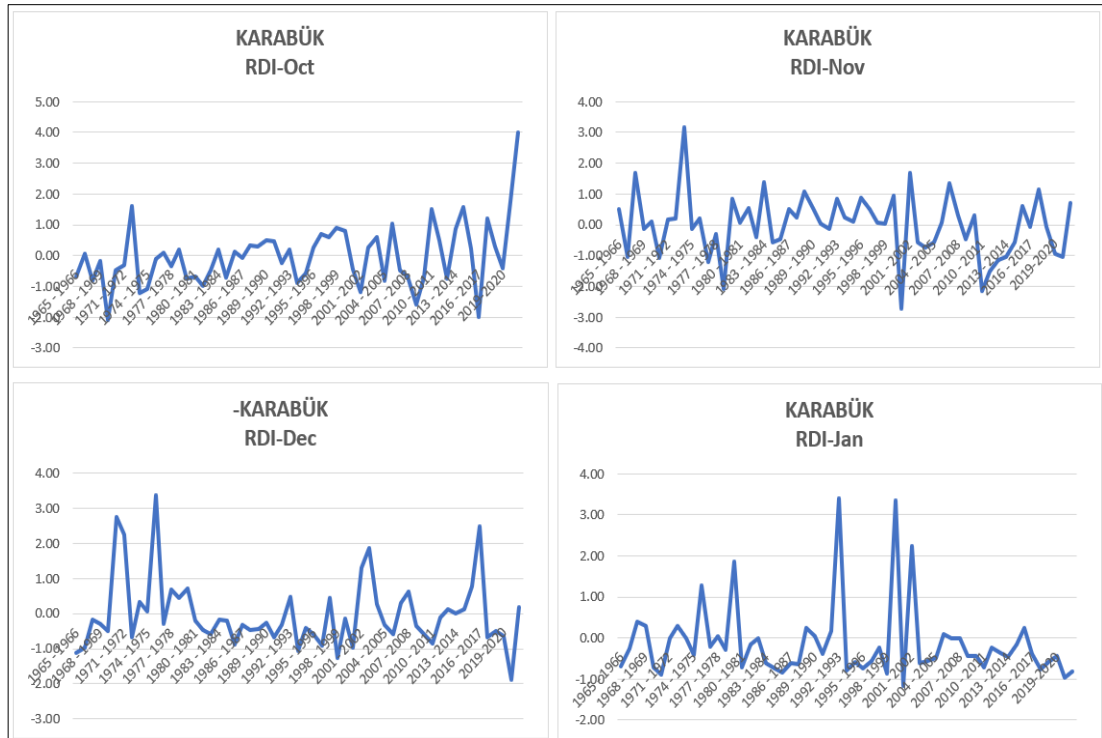


Şekil 4.19. Bartın Yağış Gözlem İstasyonu'nun SPI-3, SPI-6 ve SPI-12 aylık değerlerin zamansal analizi.

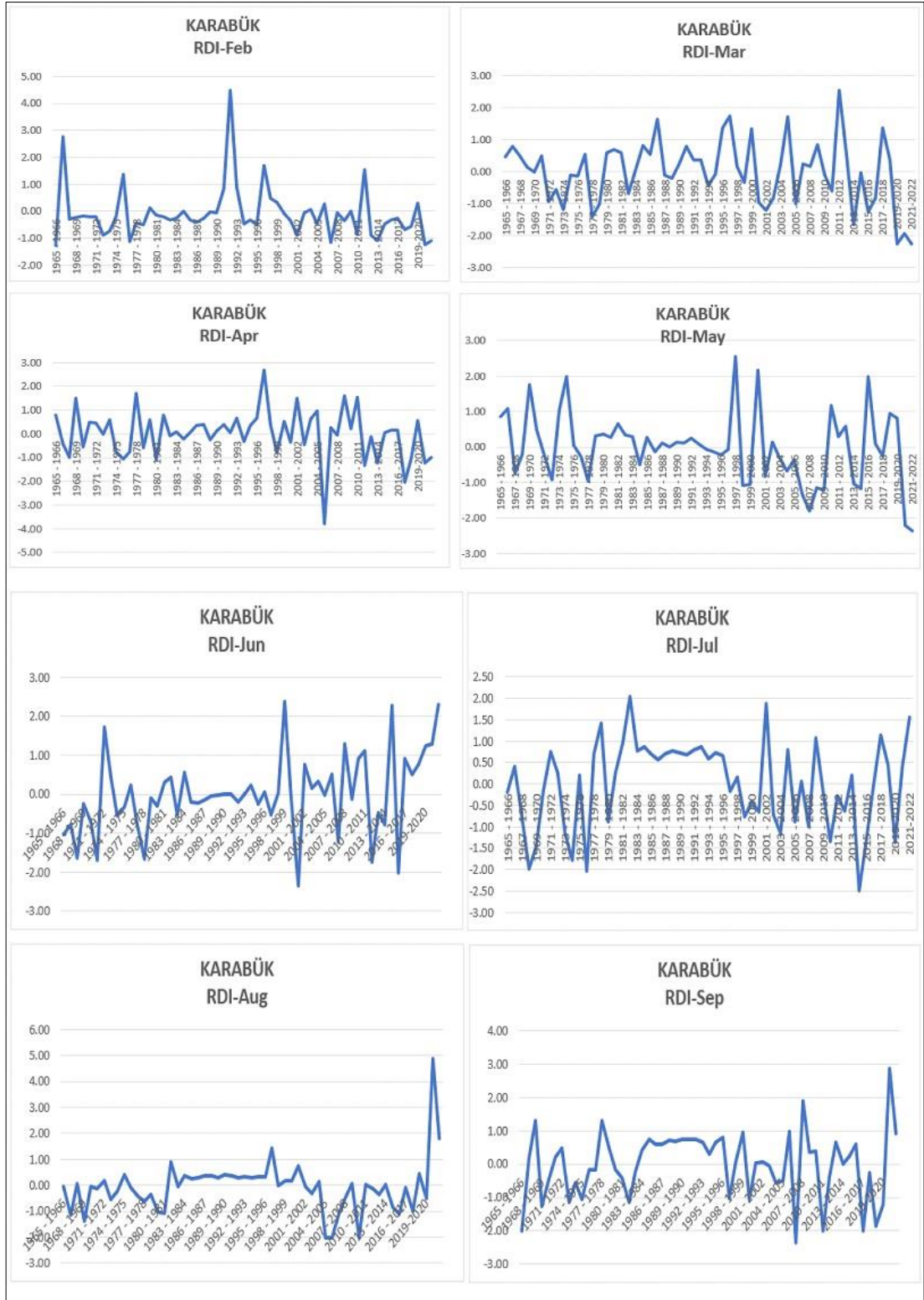
### 4.3.3. Karabük Yağış Gözlem İstasyonunun RDI Meteorolojik/Tarımsal Kuraklık Analizi

Karabük istasyonunun 1965-2022 yılları arasında ölçülen aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak 1, 3, 6 ve 12 aylık periyotlardaki RDI değerleri incelenmiştir. Şekil 4.20 de görülebileceği üzere aylık mertebede en kurak ay 2005-2006 yılının Nisan ayında, en yağışlı ayın ise 2021-2022 yılının Ağustos ayında gözlenmiştir.

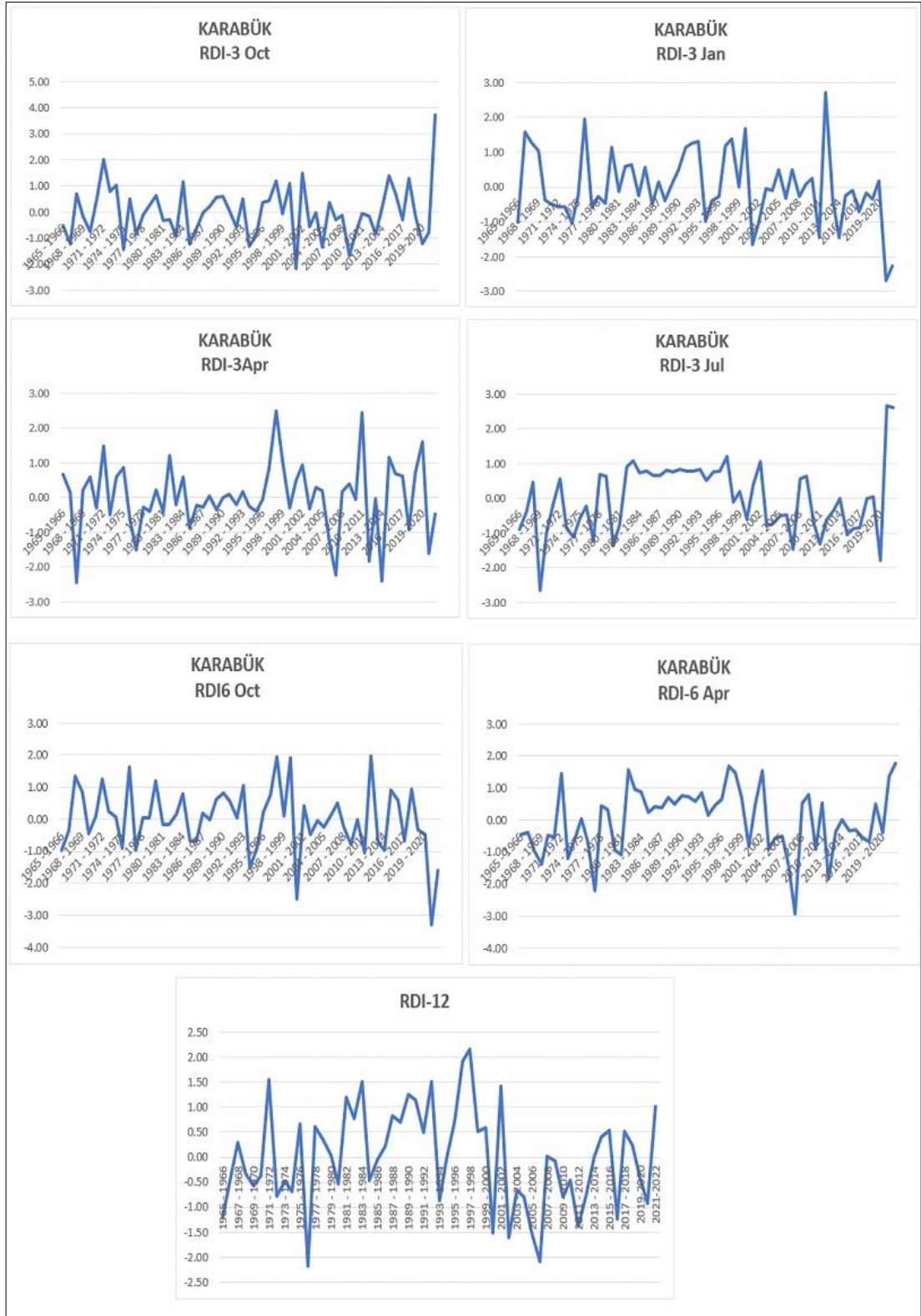
Şekil 4.21’de verilen 3, 6 ve 12 aylık mertebedeki RDI zamansal verilerine bakıldığında 3 aylık verilerde en yüksek kurak dönem 2021-2022 yılının Ocak döneminde, en yüksek yağışlı dönemin ise 2021-2022 yılının Ekim döneminde meydana geldiği görülebilmektedir. 6 aylık ölçekte ise yine benzer veriler kendini göstermektedir. Sıcaklık verilerinin de dikkate alındığı bu yöntemde özellikle Karabük istasyonunda SPI yönteminden farklı olarak son yıllarda çalışma alanı ve çevresinde gözlenen ve hissedilen taşkın ve kuraklık olaylarını destekler nitelikte olması dikkat çekicidir. Yıllık mertebedeki sonuçlar ise SPI sonuçları ile uyum içerisinde bulunmaktadır.







Şekil 4.20. Karabük'ün Yağış Gözlem İstasyonu'nun RDI-1 aylık değerlerin zamansal analizi.

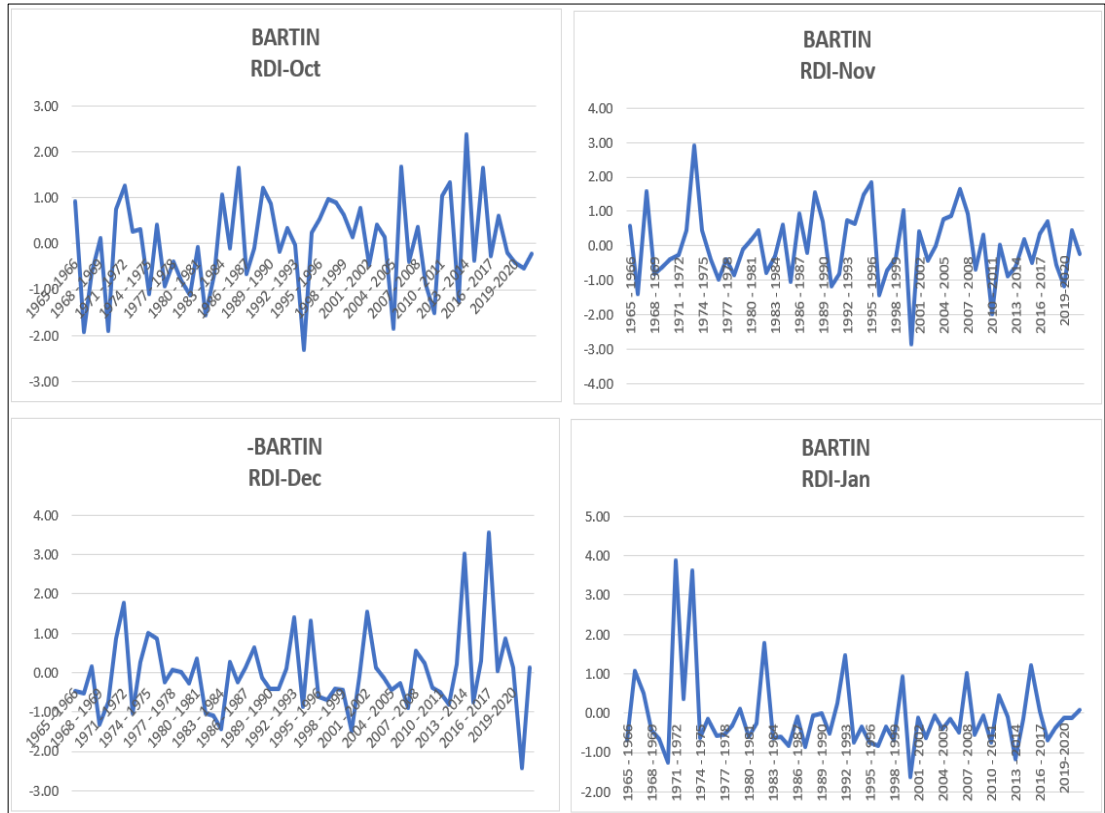


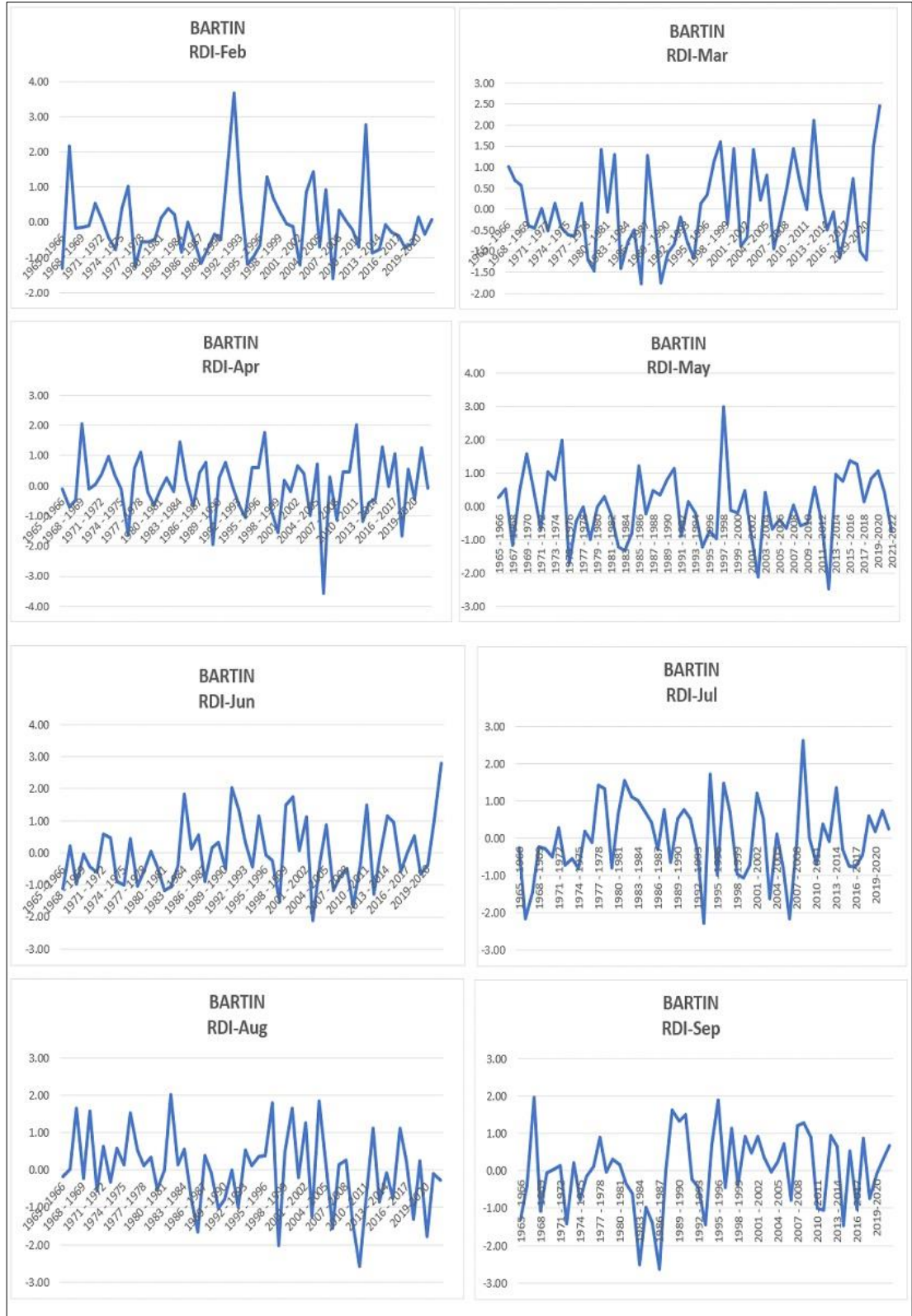
Şekil 4.21. Karabük'ün Yağış Gözlem İstasyonu'nun RDI-3, RDI-6 ve RDI-12 aylık değerlerin zamansal analizi.

#### 4.3.4. Bartın Yağış Gözlem İstasyonunun RDI Meteorolojik/Tarımsal Kuraklık Analizi

Bartın istasyonu için 1965-2022 yılları arasında ölçülen aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak 1, 3, 6 ve 12 aylık dönemlere ait RDI yöntemi ile kuraklık analiz edilmiştir (Şekil 4.22 ve Şekil 4.23). Bu analize göre en kurak ayın Nisan 2005-2006 Nisan ayında, en nemli ayın ise 1971-1972 Ocak ayında yaşanmış olabileceği saptanmıştır.

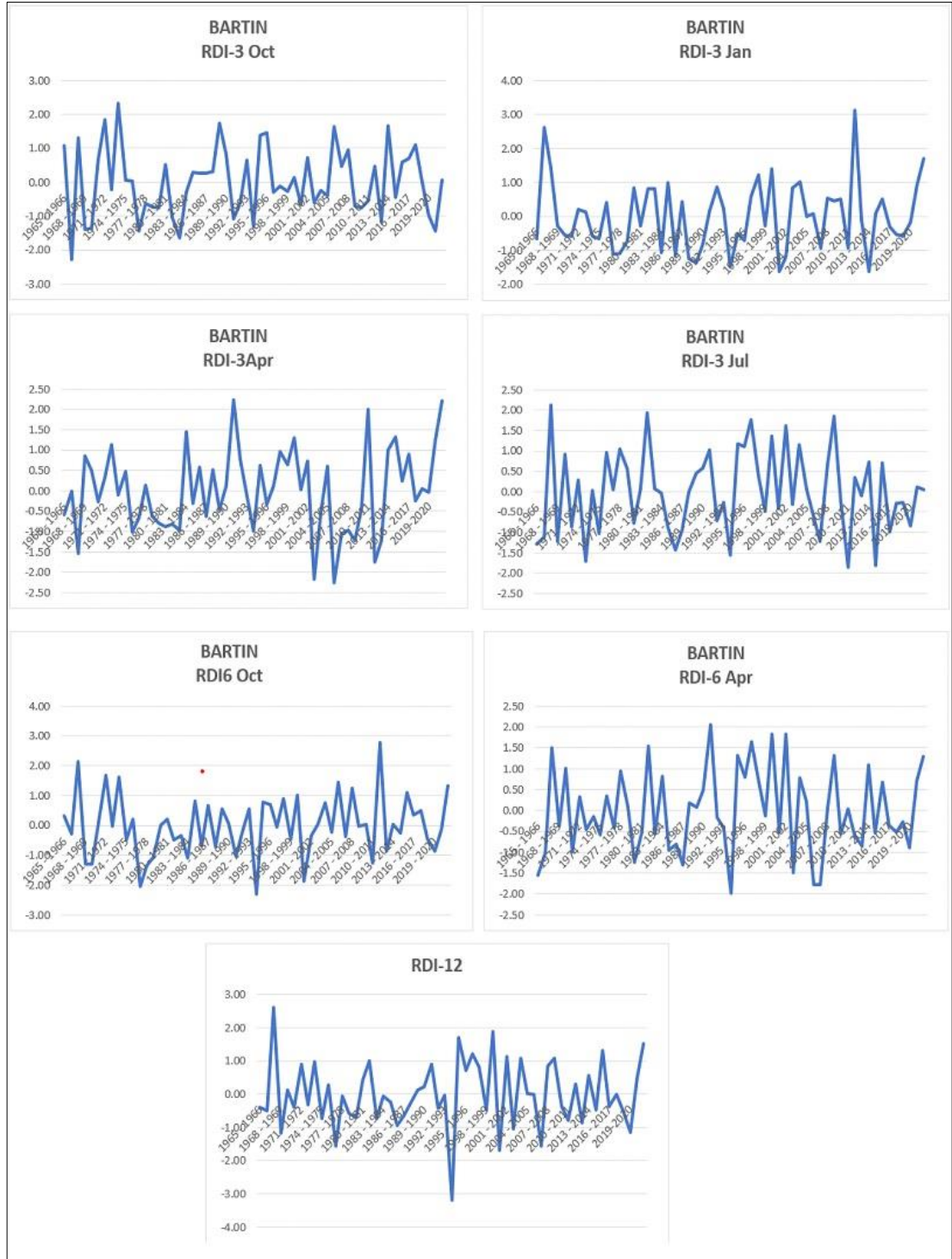
Şekil 4.23 RDI değerlerinin 3, 6 ve 12 aylık zamansal dağılımlarını göstermektedir. RDI-3'te en yüksek kurak dönem Ekim 1966-1967'de, en nemli dönemin ise RDI-3'te Ocak 2011-2012'de yaşanmış olabileceği anlaşılmaktadır. Yıllık mertebeye göre ise hem SPI sonuçları hem de Karabük İstasyonu sonuçları ile benzer şekilde en yüksek kuraklık döneminin 1993-1994 yıllarında, en yüksek nemli döneminin ise 1967-1968 yıllarında meydana gelmiş olabileceği saptanmıştır.





Şekil 4.22. Bartın Yağış Gözlem İstasyonu'nun RDI-1 aylık değerlerin zamansal analizi.





Şekil 4.23. Bartın Yağış Gözlem İstasyonu'nun SPI-3, SPI-6 ve SPI-12 değerlerin zamansal analizi.

Çizelge 4.13. SPI Yöntemine göre kurak/nemli dönem dağılımları.

<b>SPI</b>		<b>Karabük</b>	<b>Bartın</b>
<b>Aylık</b>	En yüksek kurak dönem	Nisan / 2005-2006	Nisan / 2005-2006
	En yüksek nemli dönem	Aralık / 1971-1972	Mayıs / 1997-1998
<b>3 Aylık</b>	En yüksek kurak dönem	Temmuz / 1968-1969	Nisan / 2005-2006
	En yüksek nemli dönem	Nisan / 1997-1998	Nisan / 2021-2022
<b>6 Aylık</b>	En yüksek kurak dönem	Ekim / 2000-2001	Ekim / 1993-1994
	En yüksek nemli dönem	Nisan / 1997-1998	Ekim / 1967-1968
<b>12 Ay</b>	En yüksek kurak dönem	1977-1978	1993-1994
	En yüksek nemli dönem	1997-1998	1967-1968

Çizelge 4.14. RDI Yöntemine göre kurak/nemli dönem dağılımları.

<b>RDI</b>		<b>Karabük</b>	<b>Bartın</b>
<b>Aylık</b>	En yüksek kurak dönem	Nisan / 2005-2006	Nisan / 2005-2006
	En yüksek nemli dönem	Ağustos / 2021-2022	Ocak / 1971-1972
<b>3 Aylık</b>	En yüksek kurak dönem	Ocak / 2020-2021	Ekim / 1966-1967
	En yüksek nemli dönem	Ekim / 2021-2022	Ocak / 2011-2012
<b>6 Aylık</b>	En yüksek kurak dönem	Ekim /2020-2021	Ekim / 1993-1994
	En yüksek nemli dönem	Ekim / 2020-2021	Ekim / 2011-2012
<b>12 Ay</b>	En yüksek kurak dönem	1976-1977	1993-1994
	En yüksek nemli dönem	1997-1998	1967-1968

## BÖLÜM 5

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma alanında bir gölet ve üç nehir noktası üzerinde hidrolojik ve hidrojeolojik amaçlı olarak arazi gözlemleri, ölçüm ve örneklemeler yapılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Ayrıca iklim değişikliklerine oldukça duyarlı olan Akdeniz Ülkeleri arasında yer alan Türkiye'nin çok sayıda taşkın felaketi gözlemlenen Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer alan çalışma alanında taşkın ve kuraklık analizleri de gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çalışma süresi içerisinde yağışlı dönemlerde de Eflani Çayı'nda taşkın olayları gerçekleşmiş ve maddi hasarlar oluşmuştur.

Çalışma alanındaki ölçümü yapılan suların kurak ve yağışlı dönemlerde elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 372  $\mu\text{S}/\text{cm}$  - 456  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında değişirken; pH değerleri 7.55-7.91 arasında değişmekte ve oksidasyon indirgenme potansiyeli (ORP/Eh) değerleri ise 320 mV - 366 mV arasında değişmektedir.

Yağışlı ve kurak dönemlerde çalışma alanındaki sular major anyon ve katyon kimyasal içeriklerini dikkate alan Piper Diyagramına göre kalsiyum bikarbonat ( $\text{Ca-HCO}_3$ ) fasiyesinde olup, Oksijen18-Döteryum analiz sonuçlarına göre meteorik kökenli, Trityum analizi sonuçlarına göre ise modern beslenmeye sahiptirler.

Eflani Çayı suyunun, sulam suyu sınıflandırmalarından biri olan Wilcox Diyagramına göre her iki dönemde "iyi - çok iyi" sınıfında yer aldığı, ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramına göre ise "düşük sodyum-orta tuzluluk (C2-S1)" kategorisine yer aldığı saptanmıştır. Böylece suların açısından her iki dönemde de sulam faaliyetlerine uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Çalışma alanındaki sular, Türk İnsan Tüketimi için Su Yönetmeliği ve Dünya Sağlık Örgütü İçme Suyu Standartları ile karşılaştırıldığında özellikle yağışlı dönemde,

suların çoğunluğunun B, Al, Fe, As, ve Se konsantrasyonları açısından aştığı, saptanmıştır. Bu kirlilik kaynaklarının bölgede zengin mineral içerikli kayalardan doğal yıkanma, sülfür mineral yataklarının olası varlığı ve kısmen de tarımsal faaliyetler sırasında bilinçsizce kullanılan gübreler ve pestisitlerin de bir miktar katkıda bulunabileceği düşünülmektedir.

Bölgede özellikle son yıllarda çok fazla taşkın olayları gözlenmektedir. Araç Çayı besleyen kolardan biri olan Eflani Çayı üzerinde AGİ bulunmadığından taşkın analizleri yağış verileri yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Analizlerde havza yakınında en az 15 yıl boyunca sürekli verisi olan ve havza etki alanı içerisinde bulunan Karabük, Cide ve Ovacık istasyonlarının maksimum günlük yağış verileri 6 farklı istatistiksel dağılım yöntemi yardımıyla ele alınmış ve havzanın hidrojeolojik özellikleri, arazi kullanımı ve Bartın çevresinde yapılan önceki çalışmalar dikkate alınarak CN 80 toprak eğri numarası kullanılarak DSİ Sentetik ve Mokus taşkın analiz yöntemleri gerçekleştirilmiştir. 547 km<sup>2</sup> drenaj alanına sahip olan Eflani Çayı'nın 100 yıllık tekerrür süresine ait DSİ Sentetik Yöntemine göre debisi 258.1 m<sup>3</sup>/sn olarak Mokus Yöntemine göre ise 280.0 m<sup>3</sup>/sn olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte havza alanının 10 km<sup>2</sup>'den büyük olması ve süperpozeli yöntem uygulanması nedeniyle DSİ Sentetik Yöntemi ile elde edilen sonuçların daha güvenilir sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

DSİ Sentetik Yöntemine göre 100 yıllık taşkın debisine göre, Eflani Çayı'nın mansap mansabındaki yüzey suyu seviyesinin, ilgili arazi ve topoğrafik koşullar altında ve dar kesimlerde yaklaşık 5 m'ye kadar yükselebileceği tespit edilmiştir. Bu durumda taşkınların mansap noktasına yakın alanları ve çevresindeki yerleşim yerlerini etkileyebileceği ve bu açıdan çeşitli tehlikeler oluşturabileceği tespit edilmiştir. Derenin mansap noktasına yakın kesimleri taşkın riski açısından daha detaylı ele alınmalı, nehrin karayolu ile kesiştiği köprü ve menfezlerin düzenli olarak kontrol edilmesi, izlenmesi ve temizlenmesi önerilmektedir. Ayrıca Eflani Nehri üzerinde akış gözlem istasyonları kurulmalı ve bir an önce taşkın tahmin çalışmaları yapılması tevsiiye edilmektedir.

Ayrıca nehir yatağına izinsiz müdahale edilmesi durumunda su baskını riski yüksektir. Doğal dere yatağında akışı engelleyecek uygulamalardan kaçınılmalıdır. Dere



içerisinde inşa edilecek herhangi bir yapı için tasarımda taşkın debisi hesaplanırken, hesaplanan debiye göre iyi bir taşkın risk analizi yapılarak uygun ve güvenli yöntemin belirlenmesi önemlidir.

Türkiye'nin iklim değişikliğine hassas olan ülkelerden biri olması ve son yıllarda bölgede kuraklık olayları gözlenmesi nedeniyle, çalışma alanında verisi uygun olan Karabük ve Bartın yağış gözlem istasyonlarının verileri kullanılarak kuraklık analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizlerde akım verileri olmaması nedeniyle yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak meteorolojik kuraklık analizlerinden olan Standart Yağış İndeksi (SPI) ve Keşif Kuraklık İndeksi (RDI) analizleri tercih edilmiş ve 1, 3, 6 ve 12 ay periyotlarında kuraklık göstergelerinin zamansal değişimleri değerlendirilmiştir.

Kuraklık analizlerinde Karabük ve Bartın yağış gözlem istasyonlarının 1965-2022 yılları arasındaki verilerine göre kurak ve yağışlı ayların yüzdeleri birbirine yakın olduğu ve bölge genelinde kurak dönem yüzdesinin ile %39 ile %60 arasında değiştiği saptanmıştır.

- (SPI-1) ve (RDI-1) analizine göre en yüksek kuraklık döneminin hem Karabük hem de Bartın istasyonu için Nisan 2005-2006'da meydana gelmiş olabileceği kaydedilmiştir.
- (SPI-3) analizinde göre en yüksek kuraklık döneminin Karabük istasyonu için Temmuz 1968-1969 döneminde ve Bartın istasyonu için ise Nisan 2005-2006 döneminde meydana gelmiş olabileceği kaydedilmiştir.
- (SPI-12) ve (RDI-12) analizinde göre en yüksek kuraklık döneminin Karabük istasyonu için 1977-1978 yıllarında gözlenmiş olabileceği, Bartın istasyonu için ise 1993-1994 yıllarında gözlenmiş olabileceği saptanmıştır.
- (SPI-3) analizine göre en yüksek kuraklık döneminin Karabük istasyonu için (SPI-6)'ya benzer şekilde Ocak 2021-2022 döneminde ve Bartın istasyonu için ise Ekim 1966-1967 döneminde meydana gelmiş olabileceği saptanmıştır.

Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde birçok bölgede olduğu gibi çalışma alanı ve çevresinde özellikle son yıllarda küresel iklim değişikliğine bağlı olarak hem kuraklık hem de taşkın olaylardaki artışlar kendini göstermektedir. Ayrıca sıcaklık verilerinin

de dikkate alındığı Keşif Kuraklık Analizi (RDI) yönteminde özellikle Karabük istasyonunda SPI yönteminden farklı olarak son yıllarda çalışma alanı ve çevresinde gözlenen ve hissedilen taşkın ve kuraklık olaylarını destekler nitelikte olması dikkat çekicidir ve bu analizin güvenilirliğini artırmaktadır. Ayrıca daha önceki çalışmalara genel olarak baktığımızda Batı Karadeniz Havzaları için hidrolojik ve meteorolojik kuraklıklar arasında zamansal bir gecikme ilişkisi bulunmaktadır. Bu nedenle hidrolojik kuraklık ve buna bağlı tarımsal ve sosyo-ekonomik kuraklığın tespiti için Eflani Çayı üzerinde akım gözlem istasyonlarının kurulması ve taşkın tahmin çalışmalarının bir an önce yapılması önerilmektedir.

Bu sonuçlar, Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki çalışma alanı ve çevresinin hem taşkınlara hem kuraklık felaketlerine hem de su kirliliği problemlerine duyarlı olduğunu göstermektedir. Bölgede artan nüfus nedeniyle yetkililerin ve ilgili otoritelerin en kısa süre içerisinde tüm bu sorunlara yönelik politikalar oluşturması ve çözüm önerileri üretmesi önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Shiklomanov, I. A., “World water resources a new appraisal and assessment for the 21st century”, *United Nations Educational, Scientific And Cultural Organization*, 40: (1998).
2. Akın, M. ve Akın, G. Suyun önemi, Türkiye’de su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği, *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 118, (2007).
3. İnternet: Wang, G., Lu, H., Lie, W. ve Naser, B., “Hydrology and water resources management”, <https://www.mdpi.com/topics/4KOE65DFBO> (2023).
4. Jongman, B., Hochrainer-Stigler, S., Feyen, L., Aerts, J.C.J.H., Mechler, R., Botzen, W.J.W., Bouwer, L.M., Pflug, G., Rojas, R. ve Ward, P.J. “Increasing stress on disaster-risk finance due to large floods”. *Nat. Clim Chang.*, 4, 264–268 (2014).
5. Tschakert, P., Sagoe, R. and Ofori-Darko, G. ve Codjoe, S.N. “Floods in the sahel: An analysis of anomalies, memory and anticipatory learning”. *Clim. Chang.*, 103, 471–502 (2010).
6. İnternet: İnşaat All Risk Klozları’na göre taşkın riskinin değerlendirilmesi, <https://sigortamedya.com.tr/insaat-all-risk-klozlarina-gore-taskin-riskinin-degerlendirilmesi/> (2020).
7. Kerim, A. ve Süme, V., “Taşkın ve taşkın koruma yapıları”, *Türk Hidrolik Dergisi.*, 3, (1): 01-13 (2019).
8. Albaqoul, A. A. A., “Meteorological and hydrological drought analysı-is of sinop, kastamonu, bartın provinces in the western black sea”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 30-193 (2022).
9. Çetin, N.İ. ve Tezer, A., “ABD, Avrupa birliği ve Türkiye’de sel risk yönetiminin karşılaştırılması”, 3. *Ulusal Taşkın Sempozyumu*, İstanbul (2013).
10. İnternet: Global crisis unleashed, “2023's devastating floods”, <https://www.aa.com.tr/en/environment/global-crisis-unleashed-2023s-devastating-floods/3089736#> (2021).
11. İnternet: Milliyet, “Türkiye sel baskınları haritası: türkiye'de sel ve taşkın olan bölgeler nerelerdir? ”, <https://www.milliyet.com.tr/egitim/haritalar/turkiye-sel-baskinlari-haritasi-turkiyede-sel-ve-taskin-olan-bolgeler-nerelerdir-307463> (2021).

12. Doğu, A., “Kırıkkale çoruhözü deresinin taşkın pik debilerinin hesaplanması ve bir boyutlu modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale*, 1-36 (2016).
13. Özdemir, H., “Uygulamalı taşkın hidrolojisi”, DSİ Matbaası, Ankara, 221 (1978).
14. Linsley, J.R.K., Kohler, M.A. and Paulhus, J.L.H., “Applied hydrology”, *Tata McGraw Hill Publishing*, New York, 397-404 (1983).
15. Özdemir, H., “Uygulamalı taşkın hidrolojisi”, *DSİ Matbaası*, Ankara, 221 (1978).
16. Uçar, İ., “Trabzon değirmendere havzası’nda coğrafi bilgi sistemleri ve bir hidrolik model yardımıyla taşkın analizi yapılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 7-15 (2010).
17. Beden, N., “Cevizdere Havzasının sayısal modelleme sistemlerine dayalı taşkın analizi ve taşkın zararlarının değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Samsun, 5-52 (2019).
18. İnternet: Bursa Uludağ, “BUÜ’lü akademisyenler Türkiye’deki taşkın gerçeğini mercek altına alacak”, <https://www.uludag.edu.tr/haber/view/13992/buulu-akademisyenler-turkiyedeki-taskin-gercegini-mercek-altina-alacak>
19. Gürer, İ., “Batı Karadeniz taşkın afeti örneği ile Türkiye’de taşkın problemi”, *Amhy-Friend Grubu - Heavy Floods - Flush Floods Toplantısı*, 15-16 Ekim, İstanbul, Türkiye, 3 (1998).
20. Ward, A. D. ve Stanley, W. T., “Environmental hydrology 2nd edition”, *Lewis Publishers*, Washington, 475 (2004).
21. Kirmencioğlu, B., “Türkiye’de dere yataklarına müdahalelerin taşkınlar üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi”, Uzmanlık Tezi, *Orman ve Su İşleri Bakanlığı*, Ankara, 4-25 (2015).
22. İnternet: Jones, Myrtle, “Fact sheet”, Ground-water flooding in glacial terrain of southern Puget Sound, Washington (2015).
23. Ustaoglu, B., “Possible change in average precipitation amounts in Turkey according to A2 emission scenario, (2010-2099)”. *Systematic and Regional Research in Physical Geography*, 473- 4843 (2011)
24. Hjalmarson, Hjalmar W., "Flash flood in tanque verde creek, tucson, arizona". *Journal of Hydraulic Engineering*. 110 (12): 1841–1852 (1984).
25. Schanze, J. "Flood risk management – a basic framework". In Schanze, Jochen; Zeman, Evzen; Marsalek, Jiri (eds.). Flood Risk Management: Hazards,

- Vulnerability and Mitigation Measures. *NATO Science Series*. 67. Dordrecht: Springer Netherlands. 1–20 (2006).
26. Schumann, Andreas H., ed. Flood risk, *Assessment and Management*. doi:10.1007/978-90-481-9917-4. ISBN 978-90-481-9916-7.
  27. Neumann, Barbara; Vafeidis, Athanasios T.; Zimmermann, Juliane; Nicholls, Robert J. (2015-03-11). "Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding - a global assessment". *Plos One*. 10 (3): e0118571 (2015).
  28. Dieperink, C., Hegger, D. L. T., Bakker, M. H. N., Kundzewicz, Z. W., Green, C. ve Driessen, P. P. J. (2016-10-01). "Recurrent governance challenges in the implementation and alignment of flood risk management strategies: a review". *Water Resources Management*. 30 (13): 4467–4481 (2016).
  29. İnternet: 2012’de yaşanan sel felaketinin arka planı: TOKİ dere yatağına konut yapmış, <https://haber.sol.org.tr/haber/2012de-yasanan-sel-felaketinin-arka-planı-toki-dere-yatagina-konut-yapmis-11427> (2020).
  30. Alderman, K., Turner, L. R.; Tong, S., "Floods and human health: A systematic review" (PDF). *Environment International*. 47: 37–47. doi:10.1016/j.envint.2012.06.003. (2012).
  31. Ahadzie, D. K., Mensah, H., Simpeh, E. "Impact of floods, recovery, and repairs of residential structures in Ghana: insights from homeowners". *GeoJournal*. 87 (4): 3133–3148. doi:10.1007/s10708-021-10425-2. (2022).
  32. İnternet:"Beavers cut flooding and pollution and boost wildlife populations". The Guardian. <https://sustainablefootprint.org/beavers-cut-flooding-and-pollution-and-boost-wildlife-populations/#:~:text=Beavers%20have%20alleviated%20>. (2020).
  33. İnternet:River otter beaver trial: science and evidence report, <https://www.devonwildlifetrust.org/what-we-do/our-projects/river-otter-beaver-trial> (2016).
  34. İnternet:Beaver families win legal 'right to remain'. BBC news. 6 August 2020. <https://www.bbc.com/news/uk-england-merseyside-66205402> (2019).
  35. Wilhite, D. A., "Preparing for drought: A guidebook for developing countries", *Diane Publishing*, (1994).
  36. Douville, H., K. Raghavan, J. Renwick, R.P. Allan, P.A. Arias, M. Barlow, R. Cerezo-Mota, A. Cherchi, T.Y. Gan, J. Gergis, D. Jiang, A. Khan, W. Pokam Mba, D. Rosenfeld, J. Tierney, ve Zolina, O., Water Cycle Changes Archived 2022-09-29 at the Wayback Machine. In climate change 2021: The physical science basis. *Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge

University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1055–1210 (2021).

37. İnternet:Australian government, Australian drought and climate changewarning current, <http://www.bom.gov.au/>
38. Brando, P. M., Paolucci, L. Ummenhofer, C. C., Ordway, E. M., Hartmann, H., Cattau, M.E., Rattis, L., Medjibe, V., Coe, M.T., Balch, J., "Droughts, wildfires, and forest carbon cycling: A pantropical synthesis". *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*. 47 (1): 555–581.(2019).
39. Hartmann, H., Bastos, A., Das, A.J., Esquivel-Muelbert, A., Hammond, W.M., Martínez-Vilalta, J., McDowell, N.G., Powers, J.S. Pugh, T.A.M., Ruthrof, K.X., Allen, C.D., "Climate change risks to global forest health: Emergence of unexpected events of elevated tree mortality worldwide". *Annual Review of Plant Biology*. 73 (1): 673–702.(2022).
40. İnternet:"Drought Basics". Drought.gov. NOAA national integrated drought information system, <https://www.drought.gov/what-is-drought/drought-basics>
41. Doğan, E., Keskin, T.E., Sönmez, O., Spor, P., Umarusman, H.B. ve Badfar, M., "Bartın (kocarımak) nehir yatağının taşkın kapasitenin belirlenmesi", 3rd *International Symposium on Natural Hazards and Disaster Management* (2019).
42. İnternet: <https://www.egedeyenigun.com/iklim-degisikligi-ve-kuraklik-turkiye-icin-hidrolojik-kuraklik-riskini-artiriyor> (2020).
43. Swain, S., Patel, P. ve Nandi, S., "Application of SPI, EDI and PNPI using MSWEP precipitation data over Marathwada, India". 2017 IEEE International Geoscience and Remote *Sensing Symposium (IGARSS)*, 1, 5505–5507. (2017).
44. İnternet:National Weather service, "What is a Drough, <https://www.weather.gov/education/>.(2022).
45. İnternet:"BBC news - Asia-pacific - dam project aims to save aral sea". BBC. 2007-04-09.<http://news.bbc.co.uk/2/hi/asia-pacific/6538219.stm>.(2007).
46. İnternet:"BBC news - Asia-pacific - dam project aims to save aral sea". BBC. 2007-04-09.<http://news.bbc.co.uk/2/hi/asia-pacific/3397077.stm>.(2007).
47. Matt W. ve Jeremy B. W., "Should California build dams, reservoirs to help with future droughts?". *Fresno Bee*. Archived from the original on 2015-03-20. Retrieved 2015-02-18.(2014).
48. İnternet:NRC, "Critical issues in weather modification research". <https://nap.nationalacademies.org/read/10829/chapter/4>.doi:10.17226/10829. ISBN 978-0-309-09053-7.(2003).

49. İnternet:BBC's archived 2014-10-12 at the wayback machine from our own correspondent on *khat water usage*.(2014).
50. Koch, F., Tietjen, B. Tielbörger, K. ve Allhoff, K.T., "Livestock management promotes bush encroachment in savanna systems by altering plant–herbivore feedback". *Oikos*, (3).(2022).
51. İnternet:"Sweden closes nuclear plants over safety fears". Greenpeace international.<https://storage.googleapis.com/gpuk-archive/blog/nuclear/sweden-closes-nuclear-plants-over-safety-fears.html>(2006).
52. Mupangwa, J., Lutaaya, E., Shipandeni, M. N.T., Kahumba, A., Charamba, V., Shiningavamwe, K. L., Fanadzo, M. ve Dunjana, N., Mupambwa, hupenyu allan; Dube, Ernest (eds.), "Utilising encroacher bush in animal feeding", Towards Sustainable Food Production in Africa, Singapore: *Springer Nature* Singapore, 239–265, (2023).
53. Michael H., Abiotic factor. Ed. emily monosson. encyclopedia of earth. national council for science and the environment, Washington DC Archived June 8, 2013, at the *Wayback Machine* (2010).
54. İnternet: Transforming Namibia: Turning encroacher bush into fodder, <https://www.unido.org/news/turning-bush-encroachment-control-economic-opportunity-namibia> (2018).
55. Mosley LM, Zammit B, Jolley A, ve Barnett L., Acidification of lake water due to drought. *Journal of Hydrology*. 511: 484–493.(2014)
56. Mosley LM, Palmer D, Leyden E, Fitzpatrick R, ve Shand P. Acidification of floodplains due to river level decline during drought. *Journal of Contaminant Hydrology* 161: 10–23 (2014).
57. Mosley LM, Palmer D, Leyden E, Fitzpatrick R, ve Shand P., Changes in acidity and metal geochemistry in soils, groundwater, drain and river water in the Lower Murray River after a severe drought. *Science of the Total Environment* 485–486: 281–291.(2014).
58. Yıldırım, Ü., Güler, C., Kurt, M. A. ve Geçgel, C. “Göksu Nehri akış yolu boyunca ana element değişimlerinin İncelenmesi”. *HİDRO’2018: Ulusal Hidrojeoloji ve Su Kaynakları Sempozyumu*, Ankara, Turkey. Proceedings Book, 206-213 (2018).
59. Keskin, T.E., Çetiner, H.İ, Başdağ, S., Genç, S. ve Kılıç, H.Y., “Akım Gözlem İstasyonları Bulunmayan Nehirlerin DSİ Sentetik Yöntemi Kullanılarak Taşkın Debilerinin Tahmini: Eskipazar Çayı Örneği (Karabük, Türkiye)”, *2nd International Symposium on Natural Hazards and Disaster Management*, Sakarya, 333-343 (2018).61

60. Sönmez, O., Öztürk, M., ve Doğan, E., "İstanbul Derelerinin taşkın debilerinin tahmini", *Sakarya University Journal Of Science*, 16 (2): 4–9 (2012).
61. Üçüncü, Z., "Kırıkkale Karadere ve Hodar derelerinin taşkın pik debilerinin hesaplanması ve HEC-RAS programında bir boyutlu modellenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi*, Kırıkkale, (2018).
62. Doğu, A., "Kırıkkale çoruhözü deresinin taşkın pik debilerinin hesaplanması ve bir boyutlu modellenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi*, Kırıkkale, (2016).
63. Uşkay, S. ve Aksu, S., "Ülkemizde taşkınlar, nedenleri, zararları ve alınması gereken önlemler", *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 420-421–42 (4-5–6): 133–136 (2002).
64. Ulu, A. E. ve Aydın, M. C., "HEC-RAS yardımıyla bir menfezin hidrolik analizi", *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 9 (2): 939-946 (2017).
65. Topuksak, Ş., "Menfezlerin projelendirilmesinde taşkın debisi saptama yöntemlerinin irdelenmesi ", *Karabük Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, Yüksek lisans tezi, KARABÜK. (2021).
66. Ekemen Keskin, T., Doğan, E., Sönmez, O., Umarusman, H. B., Spor, P., Badfar, M., Çetiner, H. İ. ve S, P., "Comparison of flood discharge calculated by different statistical distribution functions and software", *Disaster Science And Engineering*, 6 (2): 1–7 (2020).
67. Bayarı, S., Kurtuluş, B., Özyurt, N., Razack, M., Çiner, A., Albani, A. E. ve Caner, L., "Karstik sistemlerde yeraltısuyu kalitesi ve akışının esnek hesaplama yöntemleriyle (Yapay sinir ağları ve bulanık mantık) modellenmesi", *Tubitak Pia-Bosphorus 105y155*, Ankara, 61-65 (2009).
68. Alzarouq albaqoul, A, Meteorological and Hydrological drought analysis of sinop, kastamonu, bartin provinces in the Western Black sea, *Karabük Üniversitesi Lisansüstü Programlar*, Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Karabük (2022).
69. Ersoy, T., "Konya ili Meteoroloji kuraklık analizi", *Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü*. Yapi eğitimi Anabilim Dalı. Yüksek lisans tezi, Isparta (2019).
70. Temel, İ., "Gediz havzasında kuraklık analizi ", *Ege Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı* Yüksek lisans tezi, İZMİR. (2019).
71. Kermen, Ç. "Küçük menderes havzası'nda meteorolojik ve hidrolojik kuraklık arasındaki ilişkinin belirlenmesi" *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü*, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Hidrolik – Hidroloji ve Su Kaynakları Programı Yüksek Lisans Tezi İZMİR (2019).



72. Arslan, O., Bilgil, A. ve Veske, O. Standart yağış indisi yöntemi ile Kızılırmak Havzası'nın meteorolojik kuraklık analizi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(2): 188-194 (2016).
73. Gümüş, V. Akım kuraklık indeksi ile Asi havzasının hidrolojik kuraklık analizi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 5(1), 65-73 (2017).
74. Rahmatullah, N., "Batı Karadeniz Bölgesinde yer alan Filyos Nehri Havzası'nın meteorolojik ve hidrolojik kuraklık analizleri", *Karabük Üniversitesi Lisansüstü Programlar*, Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, KARABÜK (2022)
75. Moreira, E., Mexia, J. ve Pereira, L., "Are drought occurrence and severity aggravating? A study on SPI drought class transitions using log-linear models and ANOVA-like inferenc". *Hydrology and Earth System Sciences*, 3013-3015.(2012).
76. İnternet: Eflani nerededir nereye bağlıdır? Eflani hangi ilin ilçesidir?<https://www.lafsozluk.com/2009/03/eflani-nerededir-nereye-baglidir-eflani.html> (2023).
77. Kantürk G., *Eflani ilçesi'nde (Karabük) nüfus*, 16, 26, 163. (2011).
78. Karabük'teki ortakçılar Göleti havadan görüntülendi, <https://www.aa.com.tr/tr/gundem/karabukteki-ortakcilar-goleti-havadan-goruntulendi/2803623>. (2021).
79. İnternet:Çed ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü, Karabük İli 2019 Yılı Çevre Durum Raporu, Türkiye Cumhuriyeti Karabük Valiliği Çevre Ve Şehircilik İl Müdürlüğü, [https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/karabuk\\_cdr2019-20210331134051.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/karabuk_cdr2019-20210331134051.pdf) (2019).
80. İnternet:"Vatandaş : Ulusal Su Bilgi Sistemi", <https://usbs.tarimorman.gov.tr/usbs/VatandasGirisi/Index#> (2024).
81. Timur, Erol; Aksay, A., "Türkiye Jeoloji Haritaları Zonguldak F29 Paftası", Ankara, (2002).
82. Republic of Turkey Ministry of Health. "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (Turkish Regulation Concerning Water Intended for Human Consumption) ", Ankara, Turkey: *Republic of Turkey Ministry of Health* (2013)
83. İnternet:WHO, "Guidelines for drinking-water quality, First addendum to third edition, *World Health Organization (WHO) 2006, Geneva, Switzerland*", 1: 3–80 (2006).

84. İnternet:Fondriest Environmental, Inc. “pH of Water.” Fundamentals of Environmental Measurements. 19 Nov. 2013. Web. < <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/ph/> >.(2013).
85. Horne, A. J. ve Goldman, C. R. 1994. Limnology, 2nd edition. McGraw-Hill, Inc. 576 (1994).
86. Bhateria, R. ve Jain, D., "Water quality assessment of lake water: a review", Sustainable Water Resources Management, 2 (2): 161–173 (2016).
87. Hayashi, M., "Temperature-electrical conductivity relation of water for environmental monitoring and geophysical data inversion", Environmental Monitoring And Assessment, 96 (1–3): 119–128 (2004).
88. Gupta, T. ve Paul, M., "The Seasonal Variation in Ionic Composition of Pond Water of Lunding, Assam, India", Current World Environment Journal, 8 (1): (2013).
89. Günay, G., “Hidrojeoloji İncelemelerinde Uygulanan Yeraltısuyu İzleme Teknikleri”, DSİ-UNOP Projesi Karst Hidrojeolojisi Semineri, *Oymapınar*, 17-28 Ekim, 215-245 (1977).
90. Clark, I. D., and Fritz, P.,“Environmental Isotopes in Hydrogeology”, *Lewis Publishers*, New York (1997).
91. Coplen, T. B., 1985, Environmental Isotopes in Ground-water Studies. Chapter 33, 75 p.
92. Back, W., ve Zoetl, J., “Aplication of geochemical principles, isotopic methodology, and artificial traces to karst hydrology in hydrogeology of karst terrains”, International Union of Geological Sciences, Series B, Number 3, *Reprint from Hydrogeology of Karstic Terrains*, Chapter IX, 105-121 (1975).
93. Dansgaard, W., “Stable isotopes in precipitation”, *Tellus*, 16:436-468 (1964).
94. Tekatlı, M. Water Distribution Network Analysis Using Netcad. *University Of Gaziantep Graduate School of Natural & Applied Sciences*, (2010)
95. Keskin, T.E., Doğan, E., Sönmez, O., Umarusman, B., Badfar, M., Spor, P., Çetiner, H.İ., “Yukarı bartın nehrinin 1/25000 ölçekli topografik haritalar ve aster görüntüleri kullanılarak tahmin edilen taşkın debilerinin karşılaştırılması”, *Ulusal Hidroloji Kongresi*, Muğla, I, 619-628 (2019).
96. Topuksak, Ş. ve Keskin, T.E., “Yağış verileri kullanılarak bilgisayar yazılımlarından elde edilen taşkın debilerinin karşılaştırılması: Bulak Deresi (Karabük) örneği”, 2nd International Symposium of Engineering *Applications on Civil Engineering and Earth Sciences*, Karabük, 181-189 (2020).

97. Çetiner, H.İ., “Bilgisayar yazılımları ile Ergene Havzasının Tudem Algoritmasına göre modellenmesi ve Ova Çay’ın DSİ Sentetik ve Mockus Yöntemlerine göre taşkın debilerinin hesaplanarak sonuçlarının karşılaştırılması”, IV. *Uluslararası Su Kongresi*, İzmir, 226-235 (2017).
98. Karayolu Tasarım El Kitabı, *Karayolları Genel Müdürlüğü*, Ankara (2005).
99. Bayazıt, M., “Hidroloji”, *Birsene Yayınevi*, Ankara, s. 260 (2003).
100. Keskin, T.E., Doğan, E., Umarusman, H.B., Spor, P., Badfar, M., Packialakshmi, S., "Calculation of Flood Discharge of Bartın River (Kocairmak) using Different Methods.", International Science and Engineering Applications Symposium on Hazards (September 2019).
101. Bayazıt, M. ve Önöz, B., “Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi”, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 1-36 (2008).
102. Shirzadi S.M., Kümeleme ve Anova (Varyans) Yöntemleri İle Erzincan Gümüşhane ve Bayburt İllerinin Kuraklık Analizi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *E-Journal*, 1-2 (2021).
103. Mckee, T.B., Doesken, N.J. ve Kleist, J., The relationship of drought frequency and duration to time scales, In: Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, CA, USA, 179-184, (1993).
104. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) <https://www.mgm.gov.tr/> (2020).
105. Tsakiris, G. ve Vangelis, H., Establishing a drought index incorporating evapotranspiration. *European Water* 9/10: 3-11(2005).
106. Tsakiris, G.D. Pangalou, H. ve Vangelis, 2007. Regional drought assessment based on the reconnaissance drought index (RDI) *Water Resources Management*; 21 (5): 821-833.
107. Kanellou, C. Domenikiotis, E. Tsiros and N.R. Dalezios, european water 23/24: E.W. *Publications Satellite-based Drought Estimation in Thessaly*. 111-122, (2008).
108. Piper A.M, "A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses.", *Eos, Transactions American Geophysical Union.*, 25 (6): 914–928 (1944).
109. Schoeller, H., “Geochimie des eaux sauterraines”, *Rev. Inst. Franc. Petrolei, Paris*, 10 (3): 181-213 and 10 (4): 219-246 (1955).
110. Erözel, Z., “Sulamada su kalitesi ve tuzluluk sorunları”, *Kültürteknik Giriş, Ankara Üniversitesi Ziraat Fak.* 996: 96-110 (1986).

111. Doğan, L., “Hidrojeolojide Su Kimyası”, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları, 906.178s. **Ankara** (1991).
112. He, Z. L., Yang, X. E., ve Stoffella, P. J., , “Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment”, **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology** 19: 125-140 (2005).
113. Gardner, M. J. ve Gunn, A. M., "Speciation and bioavailability of aluminium in drinking water", **Chemical Speciation and Bioavailability**, 7 (1): 9–16 (1995).
114. Dkhar, E. N., Dkhar, P. S., ve Anal, J. M. H., "Trace elements analysis in drinking water of Meghalaya by using graphite furnace-atomic absorption spectroscopy and in relation to environmental and health issues", **Journal of Chemistry**, 1,1-10 (2014).
115. Okada, S. ve Momoshima. N. Overview of tritium –characteristics, sources, and problems. **Health Phys.**65 (1993) 595–609.
116. Eyrolle, F., Ducros, L., Dizès, S. L., Seiller, K. B., Charmasson, S., Boyer, P. ve Cossonnet, C. An updated review on tritium in the environment. **J. Environ. Rad.**, 181 (2018) 128-137.
117. Belloni, P., Clemente, G.F., Di Pietro, S. and Ingrao, G. Tritium levels in blood and urine samples of the tritium levels in blood and urine samples of the members of the italian general population and some exposed subjects. **Get access Arrow**, 4, (1983).
118. ICRP. Protection of the public in situations of prolonged radiation exposure. ICRP publication 82, Ann. ICRP 29. **Ottawa: International Commission on Radiological Protection**, 29 (1999).
119. Etnier, E. L., Travis, C. C. ve Hetrick. D. M., Metabolism of organically bound tritium in man. **Radiat. Res.**100 (1984) 487– 502.
120. Friedman, J., 1953, Deuterium content of natural waters and other substances. **Geochim. & Cosmochim. Acta**, 1, 89-103.
121. Dansgaard, W., The isotopic composition of natural waters. **ilIedd. om Grenland**, 165, No. 2 , 1-120 (1961).
122. Şimşek, Ş., "Isotope and geochemical techniques applied to geothermal investigations", Vienna, Austria: **International Atomic Energy Agency, Tecdoc–788**, 232–248 (1993).
123. Sayın, M. ve Eyüpoglu, S. O., "Determination of the local meteoric water lines using stable isotope contents of precipitation in Turkey", **Department of Geography, Ankara** 424 (2005).

124. Yonatan, B., Tamir, G., Judith, L. ve Efrat, M., Rainfall-runoff modeling in a small hyper-arid catchment. *J. Hydrol.* 373, 204–217 (2009).
125. Patrick, LG., Donald, HB. ve Juraj, MCA., Comparison of index flood estimation procedure's for ungauged catchments can. *J. Civ. Eng.* 29/5, 734–741(2002).
126. Lopez, V., Napolitano, F. ve Russo, F (2005) Calibration of a rainfall runoff model using radar and rain gauge data". *J. Adv. Geosci.* 2, 41–46(2005).
127. Taş, E., İçağa, Y. ve Zorluer, İ., Taşkın yayılım haritalarının oluşturulması ve taşkın zarar analizi: *Akarçay Afyon Alt Havzası Örneği. Akü Femübid*, 16, 711–721(2016).

## ÖZGEÇMİŞ

Nuredden ELFADLI ilk, orta ve orta öğrenimini Libya'nın Trablus şehrinde tamamladı. Daha sonra 2013 yılında Trablus Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde okumaya başladı ve 2018 yılında mezun oldu. 2018 yılında haberleşme kuleleri tasarımı ve inşası alanında çalışmaya başladı ve 2019 yılında ise inşaat mühendisi olarak çalışmaya başladı. Libya Parlamentosu'nda çalışan ELFADLI 2022 yılında Karabük Üniversitesi Yüksek Lisans Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Hidrolik Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.