

**ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**YARI KURAK HAVZALARDA DÜŞÜK AKIŞLARIN ANALİZİ  
(SÖĞÜTÖZÜ DERESİ VE TERME ÇAYI HAVZALARI ÖRNEĞİ)**

**Semih EDİŞ**

**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇANKIRI**

**2011**

**Her hakkı saklıdır.**

Semih EDİŞ tarafından hazırlanan “Yarı Kurak Havzalarda Düşük Akışların Analizi (Söğütözü Deresi ve Terme Çayı Havzaları Örneği)” adlı tez çalışması 17.08.2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Ceyhun GÖL

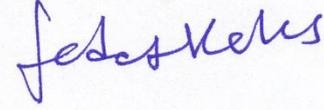
EŞ Danışman : Doç. Dr. Yusuf SERENGİL

**Jüri Üyeleri:**

**Başkan** : Yrd. Doç. Dr. Ceyhun GÖL



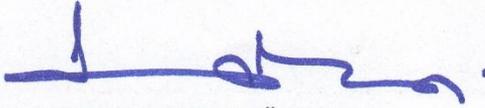
**Üye** : Yrd. Doç. Dr. Sedat KELEŞ



**Üye** : Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÖZCAN



**Yukarıdaki sonucu onaylarım**



Doç. Dr. Sezgin ÖZDEN

Enstitü Müdürü

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YARI KURAK HAVZALARDA DÜŞÜK AKIŞLARIN ANALİZİ  
(SÖĞÜTÖZÜ DERESİ VE TERME ÇAYI HAVZALARI ÖRNEĞİ)

Semih EDİŞ

Çankırı Karatekin Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ceyhun GÖL  
Eş Danışman: Doç. Dr. Yusuf SERENGİL

Bu çalışmanın amacı, Çankırı ili Söğütözü Deresi ve Terme Çayı Havzalarında kurak dönemde oluşan düşük akışların fiziksel, kimyasal ve hidrolojik analizlerini yaparak, bu havzalardaki su kalitesinin debi ile ilişkilerini tespit etmektir. Havzaların karakteristikleri, su kalitesi ölçümleri ve trend analizleri yardımıyla düşük akışların nedenlerini ve sonuçlarını ortaya koymaktır.

Kurak dönemde akarasularda oluşan düşük akışlar gerek kullanım gerekse ekosistem için büyük önem taşımaktadır. Bu suyun en verimli şekilde kullanılması için gerekli çalışmalar yapılmalıdır. Bu amaçla öncelikle her iki havzada 1967-2010 yılları arasında kapsayan 43 yıllık döneme ait günlük ortalama akış verilerinden yararlanılarak düşük akış hesaplamaları yapılmıştır. Elde edilen verilere göre havzalara ait düşük akışların görüldüğü yaz aylarında (Nisan-Temmuz) her hafta aynı gün ve aynı saatte su örnekleme yapılmıştır. Ayrıca her yıl için hesaplanan düşük akış indis değerlerinde yıllar itibari ile bir trendin olup olmadığı incelenmiştir. Araştırma dönemi içerisinde alınan toplam 28 adet su örneğinde düşük akış debisi ile su kalitesi arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla 18 parametre üzerinden fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır.

Sonuç olarak Söğütözü Deresi havzasında debi ile fenolftalein alkalinitesi, toplam sertlik, kalsiyum sertliği, nitrat, bulanıklık, pH ve tuz arasında; Terme Çayı Havzasında ise debi ile metiloranj alkalinitesi, ortofosfat, nitrat, bulanıklık, pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik ve tuz arasında anlamlı bir korelasyon olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Düşük akış hesaplamalarında kullanılan 5 farklı indisten (Q95, Q90, Q75, Q50 ve 7Q1) sadece Q95 Akış Süreci İndisi için anlamlı bir trendin var olduğu görülmüştür.

**2011, 102 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Çankırı, Düşük Akış, Söğütözü Deresi, Su Kalitesi, Terme Çayı

## ABSTRACT

Master Thesis

ANALYSIS OF LOW FLOWS IN SEMI ARID WATERSHEDS  
(CASE STUDY: SÖĞÜTÖZÜ CREEK AND TERME STREAM WATERSHEDS)

Semih EDİŞ

Çankırı Karatekin University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Forest Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ceyhun GÖL  
Co Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Yusuf SERENGİL

Main purpose of this study which is conducted on the Terme and Söğütözü watersheds in Çankırı city is analyzing the low flows physically, chemically and hydrological that happens in the dry season and ascertaining the correlation of the water quality and the discharge of those watersheds. By the help of watershed characteristic, water quality measurements and trend analyses; reasons and results (effects, conclusions. etc.) has propounded.

Low flows that is been formed at rivers in dry season has such great importance for disposal and also for ecosystem. To use that water in the most efficient way, requisite working should have been done about that. To provide that, mainly; by using daily flow data of forty-three years period between 1967–2010; low flow calculation has been done in each watershed. According to the data from these calculations, at summer months that low flows is being seen which belong to watersheds, water sampling has been done every week at same day and same time. Besides, it has been researched on the low flow indices calculated for every single year that if there is any trend existence as per years. In that research period, to affiliate the correlation between low flow discharge and water quality, out of eighteen parameters, pyshical and chemical analyses has been done on twenty-eight water samples

As a conclusion, in Söğütözü Watershed, between discharge and phenolphthalein alkalinity, total hardness, calcium hardness, nitrate, turbidity, pH and salt; in Terme Watershed between discharge and methyl orange alkalinity, orthophosphate, nitrate, turbidity, pH, temperature, electrical conductivity and salt; it has been put as a result that there is such meaningful correlation. Only one meaningful trend has been observed for just Q95 flow process indices among five different indices that is been used at low flow calculations.

**2011, 102 pages**

**Keywords:** Çankırı, Low Flow, Söğütözü Creek, Water Quality, Terme Stream

## ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

“Yarı Kurak Havzalarda Düşük Akışların Analizi (Söğütözü Deresi ve Terme Çayı Havzaları Örneği)” adlı bu çalışma 2009–2011 yılları arasında hazırlanarak, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü’ne “Yüksek Lisans Tezi” olarak sunulmuştur.

Araştırmanın her aşamasında bilgi, öneri ve her türlü yardımını esirgmeden, her zaman büyük bir sabırla destekleyen değerli danışman hocalarım Yrd. Doç. Dr. Ceyhun GÖL ve Doç. Dr. Yusuf SERENGİL’ e sonsuz teşekkür ederim. Fakülte olanaklarını kullanmamda yardımcı olan Prof. Dr. Sayın Ziya ŞİMŞEK’ e teşekkür ederim. Değerli fikirleriyle ve önerileriyle yol gösteren değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÖZCAN’ a ve Yrd. Doç. Dr. Sedat KELEŞ’ e teşekkür ederim.

Tezimin çeşitli aşamalarında bana yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. İlker ERCANLI’ ya teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarında sürekli yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen Orm. Yük. Müh. Serhat URSAVAŞ’ a, laboratuvar çalışmalarımda sürekli destek olan Uzm. Ümit KILIÇ’ a, çalışmanın değişik aşamalarında yardımlarını gördüğüm Arş. Gör. Betül UYGUR’ a, Arş. Gör. Hüseyin YILMAZ’ a, Arş. Gör. Servet PEHLİVAN’ a, Arş. Gör. Başak ÖZER’ e ve Arş. Gör. M. Sait ÖZÇELİK’ e teşekkür ederim.

Analizlerin yapılmasında laboratuvar imkânlarını sonuna kadar kullandıran İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Havza Yönetimi Anabilim Dalı Başkanı saygıdeğer hocam Prof. Dr. Kamil ŞENGÖNÜL’ e ve Çankırı Tarım İl Müdürlüğü Toprak-Bitki Analiz Laboratuvarı çalışanlarına sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Araştırma alanı harita ve akım değerlerinin elde edilmesinde yardımcı olan Orman ve Su İşleri Bakanlığı Bilgi İşlem Daire Başkanlığına teşekkür ederim. Ayrıca Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Hidroloji Şubesi çalışanlarına teşekkür ederim.

Çalışmanın çeşitli kısımlarında yardımlarını gördüğüm Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi öğretim üyeleri ve araştırma görevlilerine teşekkür ederim.

Hiçbir zaman maddi manevi desteğini esirgemeyen annem, babam, kardeşim ve Gökçe Ülkü KARDAŐ' a sonsuz teşekkür ederim.

Bu yüksek lisans tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi 2011/3 nolu proje tarafından desteklenmektedir.

Semih EDİŞ  
Çankırı, 2011

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	v
SİMGELER DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	12
3.1 Araştırma alanlarının genel tanıtımı.....	12
3.1.1 Coğrafi konum.....	12
3.1.2 İklim.....	14
3.1.2.1 Sıcaklık.....	14
3.1.2.2 Yağış.....	17
3.1.2.3 İklim tipi.....	18
3.1.3 Araştırma alanı jeolojisi.....	25
3.1.4 Toprak yapısı.....	29
3.1.5 Bitki örtüsü.....	29
3.2 Yöntem.....	30
3.2.1 Büro çalışmaları.....	30
3.2.2 Arazi çalışmaları.....	31
3.2.2.1 pH ve Sıcaklık.....	32
3.2.2.2 Elektiriksel İletkenlik (EC) ve Tuz (TDS).....	32
3.2.2.3 Çözünmüş Oksijen.....	32
3.2.2.4 Bulanıklık.....	33
3.2.2.5 Debi.....	33
3.2.3 Laboratuvar yöntemleri.....	36
3.2.3.1 Alkalinite.....	36
3.2.3.2 Toplam Sertlik.....	36
3.2.3.3 Kalsiyum.....	36
3.2.3.4 Magnezyum.....	37
3.2.3.5 Klorür.....	37
3.2.3.6 Organik Madde (Permanganat İndeksi).....	37
3.2.3.7 Sodyum.....	37
3.2.3.8 Potasyum.....	38
3.2.3.9 Amonyum.....	38
3.2.3.10 Nitrat.....	38
3.2.3.11 Ortofosfat.....	38
3.2.4 Değerlendirme çalışmaları.....	38
3.2.4.1 Trend Analizi.....	39
3.2.4.2 Düşük Akışların Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler.....	40
3.2.4.3 Coğrafi bilgi sistemleri (CBS).....	41
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	43
4.1 Havza Karakteristikleri.....	43
4.1.1 Topografik karakteristikler.....	43

4.1.1.1 Havza alanı (Büyükülüğü) .....	43
4.1.1.2 Havza şekli .....	43
4.1.1.3 Form faktörü.....	44
4.1.1.4 Şekil faktörü .....	45
4.1.1.5 Dairesellik oranı .....	46
4.1.1.6 Uzama oranı .....	46
4.1.1.7 Ortalama eğim .....	47
4.1.1.8 Havzanın bakı durumu .....	49
4.1.1.9 Ortalama yükseklik .....	50
4.1.1.10 Maksimum havza reliyefi .....	51
4.1.1.11 Reliyef oranı.....	52
4.1.1.12 Oransal reliyef.....	52
4.1.2 Akarsu ve drenaj ağı karakteristiği .....	53
4.1.2.1 Akarsu eğimi .....	53
4.1.2.2 Dere sırası ve sayısı .....	54
4.1.2.3 Drenaj yoğunluğu .....	56
4.1.2.4 Dere frekansı (sıklığı).....	57
4.1.2.5 Çatallanma oranı .....	57
4.1.2.6 Drenaj dağılım tipi .....	58
4.1.3 Havza arazi kullanma durumu .....	58
4.2 Araştırma Alanındaki Debi ile Su Kalitesi Arasındaki İlişkiler .....	61
4.2.1 Debinin araştırma süresi boyunca değişimi .....	62
4.2.2 pH - debi ilişkisi.....	63
4.2.3 Sıcaklık – debi ilişkisi.....	65
4.2.4 Elektriksel iletkenlik – debi ilişkisi .....	66
4.2.5 Tuz içeriği – debi ilişkisi .....	67
4.2.6 Çözünmüş oksijen – debi arasındaki ilişki .....	68
4.2.7 Bulanıklık – debi arasındaki ilişki .....	70
4.2.8 Fenolftalein alkalinitesi – debi arasındaki ilişki .....	71
4.2.9 Metiloranj alkalinitesi – debi arasındaki ilişki.....	72
4.2.10 Toplam sertlik – debi arasındaki ilişki .....	73
4.2.11 Kalsiyum sertliği – debi arasındaki ilişki .....	74
4.2.12 Magnezyum sertliği – debi arasındaki ilişki .....	75
4.2.13 Klorür – debi arasındaki ilişki .....	76
4.2.14 Organik madde (Permanganat indeksi) – debi arasındaki ilişki.....	78
4.2.15 Sodyum – debi arasındaki ilişki .....	79
4.2.16 Potasyum – debi arasındaki ilişki .....	80
4.2.17 Amonyum – debi arasındaki ilişki .....	81
4.2.18 Nitrat – debi arasındaki ilişki .....	82
4.2.19 Ortofosfat – debi arasındaki ilişki .....	83
4.3 Düşük Akışların Trend Analizi .....	85
4.3.1 Araştırma alanında genel durum.....	85
4.3.2 Düşük akış indislerinin trend analizi .....	86
4.3.2.1 Q95 Akış süreci indisinin trendi.....	86
4.3.2.2 Q90 Akış süreci indisinin trendi.....	87
4.3.2.3 Q75 Akış süreci indisinin trendi.....	88
4.3.2.4 Q50 Akış süreci indisinin trendi.....	88
4.3.2.5 7Q1 Düşük akış indisinin trendi.....	89



5. SONUÇLAR .....	91
KAYNAKLAR .....	97
ÖZGEÇMİŞ .....	104

## SİMGELER DİZİNİ

'	: Dakika
"	: Saniye
%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
EC	: Elektriksel iletkenlik
CaCO <sub>3</sub>	: Kalsiyum karbonat
Sn	: Saniye
mg	: Miligram
µs	: Mikrosiemens
m	: Metre
km	: Kilometre
m <sup>2</sup>	: Metrekare
km <sup>2</sup>	: Kilometrekare
m <sup>3</sup>	: Metreküp
ha	: Hektar
lt	: Litre
vd	: ve diğerleri
MTA	: Maden Tetkik Arama
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
E	: Evapotranspirasyon
PE	: Potansiyel evapotranspirasyon

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1	Araştırma alanı yer bulduru haritası .....	12
Şekil 3.2	Söğütözü Deresi Havzası debi ölçme ve su örnekleme noktası .....	13
Şekil 3.3	Terme Çayı Havzası debi ölçme ve su örnekleme noktası .....	14
Şekil 3.4	Çerkeş Meteoroloji istasyonunun aylara göre ortalama sıcaklık değerleri grafiği .....	15
Şekil 3.5	Çankırı, Orta, Kalecik ve Çubuk Meteoroloji istasyonlarına göre oluşturulan Thiessen Poligonu .....	16
Şekil 3.6	Terme Çayı Havzasının aylara göre ortalama sıcaklık değerleri grafiği .....	16
Şekil 3.7	Çerkeş Meteoroloji istasyonunun aylara göre ortalama yağış değerleri grafiği .....	17
Şekil 3.8	Terme Çayı Havzasının aylara göre ortalama yağış değerleri grafiği .....	18
Şekil 3.9	Thornthwaite yöntemine göre Çerkeş'in su bilançosu grafiği.....	21
Şekil 3.10	Thornthwaite yöntemine göre Terme Çayı Havzasının su bilançosu grafiği .....	23
Şekil 3.11	Söğütözü Deresi Havzasının 1/500 000 ölçekli jeoloji haritası .....	26
Şekil 3.12	Terme Çayı Havzasının 1/500 000 ölçekli jeoloji haritası .....	27
Şekil 3.13	Söğütözü Deresi Havzası su örnekleme noktasının enkesiti .....	34
Şekil 3.14	Terme Çayı Havzası su örnekleme noktasının enkesiti.....	35
Şekil 3.15	Q <sub>t</sub> akış süreci indisine göre debinin belirlenmesi .....	41
Şekil 4.1	a) Söğütözü Deresi havzası şekli b) Terme Çayı Havzası şekli .....	44
Şekil 4.2	a) Söğütözü Deresi. havzası eğim sınıfları haritası b) Terme Çayı Havzası eğim sınıfları haritası .....	48
Şekil 4.3	a) Söğütözü Deresi havzası bakı grupları haritası b) Terme Çayı havzası bakı grupları haritası.....	49
Şekil 4.4	a) Söğütözü Deresi havzasının ortalama yüksekliği b) Terme Çayı havzasının ortalama yüksekliği .....	51
Şekil 4.5	a) Söğütözü Deresi Havzası drenaj deseni ve ana dere eğimi b) Terme Çayı Havzası drenaj deseni ve ana dere eğimi.....	53
Şekil 4.6	a) Söğütözü Deresi havzası dere sırası ve sayısı b) Terme Çayı Havzası dere sırası ve sayısı .....	55
Şekil 4.7	a) Söğütözü Deresi havzası arazi kullanma durumu b) Terme Çayı Havzası arazi kullanma durumu .....	60
Şekil 4.8	Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında debinin değişimi .....	62
Şekil 4.9	Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında pH'nın değişimi.....	64
Şekil 4.10	Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında su sıcaklığının değişimi.....	65
Şekil 4.11	Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında elektriksel iletkenliğin değişimi .....	67
Şekil 4.12	Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında tuz içeriğinin değişimi.....	68
Şekil 4.13	Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında çözünmüş oksijenin değişimi .....	69

<b>Şekil 4.14</b> Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında bulanıklığın değişimi.....	70
<b>Şekil 4.15</b> Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında fenolftalein alkalinitesinin değişimi.....	72
<b>Şekil 4.16</b> Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında metiloranj alkalinitesinin değişimi.....	73
<b>Şekil 4.17</b> Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında toplam sertliğin değişimi.....	74
<b>Şekil 4.18</b> Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında kalsiyum sertliğinin değişimi .....	75
<b>Şekil 4.19</b> Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında magnezyum sertliğinin değişimi .....	76
<b>Şekil 4.20</b> Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında klorür miktarının değişimi .....	77
<b>Şekil 4.21</b> Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında organik madde miktarının değişimi .....	78
<b>Şekil 4.22</b> Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında sodyumun değişimi .....	79
<b>Şekil 4.23</b> Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında potasyumun değişimi .....	80
<b>Şekil 4.24</b> Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında amonyumun değişimi .....	81
<b>Şekil 4.25</b> Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında nitratın değişimi .....	83
<b>Şekil 4.26</b> Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında ortofosfatın değişimi .....	84
<b>Şekil 4.27</b> Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında 1967–2010 yılları arasında yıllık ortalama debinin trendi .....	85
<b>Şekil 4.28</b> Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında 1967–2010 yılları arasında Q95 akış süreci indisinin eğilimi.....	87
<b>Şekil 4.29</b> Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında 1967–2010 yılları arasında Q90 akış süreci indisinin eğilimi.....	87
<b>Şekil 4.30</b> Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında 1967–2010 yılları arasında Q75 akış süreci indisinin eğilimi.....	88
<b>Şekil 4.31</b> Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında 1967–2010 yılları arasında Q50 akış süreci indisinin eğilimi.....	89
<b>Şekil 4.32</b> Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında 1967–2010 yılları arasında 7Q1 düşük akış indisinin eğilimi.....	89

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 3.1</b> Çankırı meteoroloji istasyonuna ait Güneşlenme süresi ( $G_s$ ) Nemlilik Katsayısı ( $N_{Ks}$ ) ve Kuraklık Katsayısı ( $K_{Ks}$ ) değerleri .....	20
<b>Çizelge 3.2</b> Thornthwaite yöntemine göre Çerkeş'in su bilançosu .....	21
<b>Çizelge 3.3</b> Thornthwaite yöntemine göre Terme Çayı Havzası'nın su bilançosu .....	24
<b>Çizelge 4.1</b> Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzası eğim sınıflarının alansal dağılımı (ha,%) .....	48
<b>Çizelge 4.2</b> Söğütözü Deresi ve Terme Çayı Havzaları bakı grupları ve alansal dağılımları (ha,%) .....	50
<b>Çizelge 4.3</b> Söğütözü Deresi ve Terme Çayı Havzalarına ait dere sıraları ve sayıları.....	54
<b>Çizelge 4.3</b> Söğütözü Deresi ve Terme Çayı Havzası arazi kullanım durumu (ha,%).....	59
<b>Çizelge 4.4</b> Debi ile Su Kalitesi Parametreleri Arasında Korelasyon Sonuçları .....	61

## 1. GİRİŞ

Ekosistemde su, hava, toprak, besin maddeleri ve güneş enerjisi temel öğelerdir. Aynı zamanda insanların yaşaması ve hayatlarını devam ettirebilmeleri içinde gerekli doğal kaynaklardır. Bu temel öğeler içerisinde su çok eski tarihlerden beri en değerli doğal kaynaklardan biri olarak kabul edilmektedir. Nitekim geçmişte ve bugün en büyük insanî yerleşim alanları ve medeniyetler su kenarlarında kurulmuş ve gelişmiştir. Ancak değişen iklim koşulları sonucu ortaya çıkan kuraklık tarih boyunca bu medeniyetlerin yok olmalarına veya yaşam alanlarını değiştirmelerine neden olmuştur.

Zaman içinde meydana gelen iklim değişimleri su kaynaklarını olumsuz yönde etkilemiştir. Ani ve fazla miktarda yağın yağışın ardından sel ve taşkınlar oluşurken yağışın az, sıcaklığın fazla olması ile birlikte kuraklık ortaya çıkmaktadır. Bir bölgede nem miktarındaki geçici dengesizliğin o bölgedeki su kıtlığı ile ilişkisi şeklinde kabaca tanımlanan kuraklık doğal bir iklim olayıdır. Meteorolojik kuraklığın uzaması durumunda ortaya çıkan hidrolojik kuraklık uzun süreli yağış azlığının, yüzey akışı ve toprak nemi gibi hidrolojik sistemin bileşenlerinde kendisini göstermektedir (Usul 2008). Yağış rejimindeki bozukluk, suyun etkin kullanılmaması ve ihtiyaçlardaki artış suya olan talebi gün geçtikçe artırmaktadır. Bu talep kurak dönem ve bölgelerde daha da yükselmektedir.

Kurak dönemlerde derelerdeki su miktarı azalmaktadır. Özellikle yarı kurak alanlarda debideki azalma kirlilik konsantrasyonunun artmasına ve akuatik sistemin zarar görmesine neden olmaktadır (Kara ve Çömlekçioğlu 2004). Bu dönemlerde derelerde akan suyun özellikleri, bulunduğu havzanın karakteristiklerine göre doğrudan değişim göstermektedir (Lee vd. 2005). Havza içerisindeki mevcut arazi kullanım durumu suyun kalitesinde olumlu ve olumsuz sonuçları ortaya çıkarmaktadır (Bhatti ve Latif 2009). Ayrıca Browne (2003), havzanın jeolojik yapısının, suyun miktarını ve kalitesini doğrudan etkileyen temel unsurlardan biri olduğunu belirtmiştir.

Yoğun insan etkisi altındaki yarı kurak alanlarda hidroloji ve ekoloji bilimleri birbirleri ile yakın ilişki içerisinde çalışmalıdır (Pataki vd. 2011). Yarı kurak alanlarda özellikle

insan etkisiyle birlikte su bütçesinde ve ekosistem için gerekli olan suyun kalitesinde önemli belirsizlikler ortaya çıkmaktadır. Orman alanlarının çok fazla olmadığı bölgelerde yağış sonucu alana gelen yetersiz bu suyun en verimli şekilde kullanımı büyük önem taşımaktadır. İklim değişikliğinin etkisi ile yağış rejimlerindeki düzensizlik rekabete hassas ekosistemlerde suyun kullanılabilirliğini azaltabilmektedir (Yaseef vd. 2010). Bu iki bilimin birleşmesiyle ortaya çıkan ekohidroloji bilimi ekosistemlerde devamlılığın sağlanabilmesi için gerekli olan hidrolojik özellikleri araştırmaya başlamıştır. Özellikle dere kenarı ekosistemlerinin havza ekohidrolojisi için gittikçe önemi artmaktadır. Bu ekosistemlerde besin ve azot döngüsü diğer ekosistemlere göre daha hassas olabilmektedir (Burt vd. 2010). Azot döngüsünü oluşturan nitrat, nitrit ve amonyum gibi parametrelerin artışı akuatik ekosistem ve insan sağlığı açısından önemli tehlikeler oluşturabilirler. Bu elementlerin artışı suyu kirletmekte ve akuatik sistemi oluşturan öğelerden algler ve makroomurgasızlar gibi canlıların tür çeşitliliğini, sıklığını ve yaşam alanlarını olumsuz yönde etkilemektedir (Kalyoncu vd. 2004, Kalyoncu vd. 2008, Türkmen ve Kazancı 2008). Su kalitesinden önemli derecede etkilenen bu hassas ekosistemlerdeki canlılar son yıllarda su kalitesi parametrelerinin tahmininde biyoindikatör görevini almışlardır (EPA 2003, Barbour vd. 2006, Hughes vd. 2009).

Kurak ve yarı kurak havzalara adapte olabilen akuatik canlılar ve dere kenarı vejetasyonu türleri Haziran-Temmuz-Ağustos aylarında deredeki suyun giderek azalması ile stres yaşamaktadırlar. Bu ekosistemlerin devamlılığını sürdürebilmesi için derede akması gereken minimum bir kritik akış (can suyu, minimum debi) değerine ihtiyaç duyulmaktadır. Kurak dönemlerde ortaya çıkan düşük akış miktarı bu yüzden büyük önem taşımaktadır (Smathkin 2001). Düşük akışların çevresel etkilerinin belirlenmesinde farklı ülkelerde birçok farklı indis kullanılmaktadır (Tharme 2003, Fleig 2004, Pyrcce 2004). Tennant (1976) tarafından ortaya konan ve nehrin sağlığının korunabilmesi için derede akması gereken minimum debinin hesaplanması metodu hidrolojik hesaplamaların başını çekmektedir. İlerleyen yıllarda hidrolojik metotlara ilâve olarak, hidrolik değerlendirme, habitat değerlendirme (simülasyon) ve holistik metotlar geliştirilerek düşük akış hesaplamaları yapılmıştır (Zappia ve Hayes 1998, Pyrcce 2004, Fetter Jr. 2007, Ryu vd. 2011). Düşük akışların karakteristiğinin anlaşılması, su kalitesinin kontrol edilmesi yanında birçok açıdan büyük önem

taşımaktadır (Mijuskovic-Svetinovic ve Maricic 2008). Bu yüzden akım gözlem istasyonlarının olmadığı havzalarda debinin tahmin edilmesi için istatistiksel ve jeoistatistiksel yöntemler geliştirilmiştir (Castiglioni vd. 2009, Castiglioni vd. 2010). Bunlara ek olarak bazı araştırmacılar günlük düşük akışları tahmin edebilmek için regresyon modelleri de geliştirmişler ve bu modeller yardımıyla düşük akış tahminlerinde yaşanan bazı problemleri çözmeye kolaylık sağlanacağını ileri sürmüşlerdir (Sefe 2006, Mamun vd. 2009).

Bu çalışmada, Türkiye'nin yarı kurak iklim özelliklerine sahip Çankırı ili Söğütözü Deresi ve Terme Çayı Havzalarında, Nisan - Temmuz ayları süresince debi ile su kalitesi parametreleri arasında ilişki araştırılmıştır. Bu süre boyunca her hafta aynı gün ve aynı saatte su ölçümleri ve su örnekleri yapılmıştır. Ayrıca, iki havzadaki ana dere üzerinde bulunan akım gözlem istasyonlarının verileri alınarak 1967-2010 yılları arasında oluşan yıllık düşük akışlar Q95, Q90, Q75, Q50 ve 7Q1 yöntemlerine göre değerlendirilmiştir. Bölgesel Mann Kendall Testi ile her indis için elde edilen yıllık değerlere göre trend sonuçları karşılaştırılmıştır. Elde edilen veriler ve analizlere göre düşük akışların su kalitesine etkileri ve bu sonuçlara göre suyun kullanım hedefleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışma ile Türkiye'de düşük akışlar ile su kalitesi arasındaki ilişkiler konusunda yapılacak çalışmalara bir altlık olacaktır. Derelerde akması gereken su miktarının sadece debi yaklaşımı ile değil aynı zamanda ortaya çıkan su kalitesi ile belirlenmesi sağlanacaktır.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Barbour vd. (2006) yaptıkları bir çalışmada, hızlı biodeğerlendirme protokollerinde birden fazla habitat örneklemesinin daha önceki yıllardan beri var olduğunu ve bu tekniğin makroomurgasız ve balıkların örneklenmesi ile gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Akış seviyelerinin ve dolayısıyla su özelliklerinin değerlendirilmesinde bu tekniğin özelliklerini belirtmişler ve derede ekolojik dengenin bozulmaması için gerekli olan debinin bu yöntemle gerçekleştirilebileceğini belirtmişlerdir.

Bhatti ve Latif (2009) Pakistan'ın nüfus ve sanayileşmenin yoğun olduğu Punjab bölgesindeki yıllık toplam akış miktarı 5.29 milyar m<sup>3</sup> olan Chenab nehrinde yaptıkları bir çalışmada içme, sulama ve akuatik yaşam bakımından su kalitesini incelemişlerdir. Sonuç olarak nehir suyunun içme suyu için kötü, sulama ve akuatik yaşam açısından ise sınır değerinde olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Browne (2003) litolojik olarak homojen olan 27 farklı havzada jeolojinin düşük akış üzerinde olan etkisini incelemeye çalışmıştır. Sonuç olarak düşük akış regresyon eğrisi eğiminin en uygun jeoloji indeksi olduğunu ileri sürmüştür.

Burt vd. (2010) dere kenarı ekosistemlerinin havza ekohidrolojisi için öneminin gittikçe arttığını vurgulamışlardır. Bu ekosistemlerin besin ve azot döngüsü için hassas ekosistemler olduğunu ileri sürerek, bu ekosistemlerde ki değişimlerin etkilerini anlayabilmek için yeni biyokimyasal parametrelerle tamamlanmış ekohidrolojik göstergeler oluşturulması gerektiğini önermişlerdir.

Büyükyıldız ve Berktaş (2004) yılındaki çalışmalarında Türkiye'nin önemli büyük havzalarından olan Sakarya Havzası'na ait aylık toplam yağışlardaki değişimi belirlemek amacıyla trend analizi yapmışlardır. Bu amaçla havzada bulunan 25 adet yağış gözlem istasyonuna ait 1960 - 2000 periyodundaki aylık toplam yağış verilerine parametrik olmayan Sen'in T, Spearman'ın Rho, Mann-Kendall ve Mevsimsel Mann-Kendall trend testleri uygulamışlardır. Sonuç olarak incelenen istasyonların yarısında 0.05 anlamlılık seviyesinde azalan trendlerin olduğunu saptamışlardır.

Castiglioni vd. (2009) İtalya’da farklı jeomorfolojik ve iklimatik özelliklere sahip, ölçüm istasyonu olmayan 51 adet havzada düşük akış indekslerini enterpole etmek için hem deterministik yöntemi hemde jeostatistiksel yöntemi uygulamış ve ölçüm istasyonu olmayan havzalarda jeostatistiksel yöntemin deterministik yöntemine göre daha üstün olduğu sonucuna varmışlardır.

Castiglioni vd. (2010) yılında İtalya’da yapmış oldukları çalışmada akım gözlem istasyonu olmayan havzalarda düşük akış tahminlerinde kullanılan iki yeni istatistiksel yaklaşımı denemiş ve sonuç olarak her iki yöntemin birbirini tamamlayıcı ve karşılaştırılabilir özellikleri olduğunu öne sürmüşlerdir. Ayrıca her iki tekniğinde akım gözlem istasyonu olmayan havzalarda yılın 355 günündeki ortalama akış miktarını ( $Q_{355}$ ) doğru tahmin ettiği sonucuna ulaşmışlardır.

Ceylan vd. (2009) Türkiye'deki kurak ve yarı kurak alanların değişimine ve bu değişim sonucunda görülebilecek çölleşme riskine dikkat çekerek, Türkiye'nin kurak ve yarı kurak alanlarında mevcut 143 adet meteorolojik gözlem istasyonundan elde ettikleri 1965 – 2007 yıllarına ait iklimsel veriler yardımıyla çölleşmeye duyarlı alanların zamansal dağılımlarını ve bu bölgelerdeki iklimsel trendi incelemişlerdir.

Environmental Protection Agency of USA (EPA) (2003) yaptıkları bir çalışmada dereler ve nehirler için ekohidrolojik parametreler yardımıyla bir metot geliştirmişlerdir. Bu metotta akışların çevresel etkilerinin sonuçlarından biri olan biyoindikatörlerin önemi üzerinde durmuşlardır. Makroomurgasız canlıların akışların etkisinin belirlenmesinden en önemli biyoindikatör olduklarını belirtmişlerdir.

Fetter J. (2007)’ in kuyularla yer altından çekilen suyun düşük akış hidrolojisine etkisinin istatistik analizi yapmak için Yahara Havzasında ki kuyulardan saniyede çekilen  $m^3$  cinsinden su miktarını saptamıştır. Uzun yıllara ait verilere dayalı olarak yapmış olduğu istatistiksel hesaplamalar sonucu kuyulardan çekilen suyun, dereye akan ortalama akımda 1/3 oranında azaltma ve 7Q2 ve 7Q10’ da %50’den fazla düşüğe sebep olduğunu belirtmiştir. Regresyon analizi sonucu yıllık 7 günlük düşük akış ve 60 günlük

düşük akışlar ile ortalama yıllık akışlar arasında istatistikî açıdan önemli bir ilişki olduğunu belirtmiştir.

Fleig (2004) yaptığı çalışmada dünyanın farklı yerlerindeki istasyonlardan alınan günlük akış veri setlerini kullanarak hidrolojik kuraklığı tanımlamış ve düşük akışları analiz ederek karşılaştırmıştır. Kuraklık karakteristiklerinin dere türlerine (sürekli, periyodik, kuru), farklı rejim tiplerinin karşılaştırılmasının uygulanabilirliğine, verilerin süreklilik ve sınırlayıcılığına dayandığını belirtmiştir.

Gümüş ve Yenigün (2006) Türkiye'nin en önemli havzalarından biri olan Aşağı Fırat Havzasından seçilen istasyonların yıllık ortalama akımlarının trend analizi yapıp, bu istasyonlara ait yıllık ortalama akımlarda anlamlı bir trend varlığı aramışlardır. Akım verilerinde, klasik parametrik testlerdeki normalite, lineerlik ve bağımsızlık gibi varsayımlarla genel olarak karşılaşıldığını, bu nedenle bu çalışma kapsamında parametrik olmayan testler kullandıklarını belirtmişlerdir.

Hughes vd. (2009) yaptıkları çalışmada kullanılabilir ve ekolojik açıdan temiz bir suyun belirlenmesinde biyoindikatörlerin önemi üzerinde durmuşlardır. Bu biyoindikatörlerin küçük derelerden büyük akarsulara kadar çok çeşitli ekosistemlerde ki örnekleme yöntemlerini ve CBS yardımıyla karşılaştırmışlardır. Sulardaki kalite kontrolünü belirlemede çeşitli teknikler geliştirmişlerdir.

Kalaycı ve Kahya (1998) Susurluk Havzası nehirlerinin yüzey suyu kalite verilerinde lineer trend tespit etmek için Sen'in T, Spearman'in Rho, Mann-Kendall, Mevsimsel Kendall, Mann-Whitney ve Kruskal-Wallis'H gibi bazı parametrik olmayan testlerini kullanmışlardır. Parametrik olmayan testlere göre debi ve sediment konsantrasyonunda azalan; su sıcaklığı, elektriksel iletkenlik, sodyum, potasyum, kalsiyum+magnezyum, bikarbonat ve klorid konsantrasyonlarında ise artan bir trend bulmuşlardır. Karbonat, pH, sülfat, organik madde ve bor konsantrasyonlarında herhangi bir trend bulunamadığını belirtmişlerdir.

Kalyoncu vd. (2004) çalışmalarında epilitik alg örnekleri toplamış ve su numuneleri almışlardır. İncelemeler sonucunda epilitik algere göre su kalitesi tayini yapılmış ve su kalitesi sınıflarına göre taksonların sıklık ve baskınlıkları belirlenmiştir. Yapmış oldukları araştırmanın sonucunda alg çeşitlilik değerlerinin su kalitesi ile bağlantılı olduğunu ve kirlilik arttıkça alg çeşitliliğinin azaldığını ortaya koymuşlardır.

Kalyoncu vd. (2008) Akdeniz'e dökülen Aksu Çayı'nın su kalitesinin belirlenmesi ve fiziko-kimyasal parametrelerinin makroomurgasız çeşitliliği üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Uygulanan istatistik analiz yöntemi sonuçlarına göre fizikokimyasal parametrelerin makroomurgasız çeşitliliği üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Kara ve Çömlekçioğlu (2004) Yarı kurak iklim özelliğine sahip Kahramanmaraş yöresinde yaptıkları araştırmada, Karaçay'da meydana gelen kirlilik düzeyi, biyolojik ve fiziko-kimyasal parametreler ile incelenmiştir. İstasyonlardan çalışma boyunca düzenli olarak su örnekleri toplanarak alınan su örneklerinin, aylara göre pH, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen, nitrit, nitrat, amonyum ve fosfat değerleri ile sucul makro omurgasız organizmaları tespit edilmiştir. Araştırmanın sonucuna göre Karaçay'ın önemli derecede kirlilik baskısı altında olduğu ve bu kirlilikten sucul organizmaların önemli derecede etkilendiği sonucuna varılmıştır.

Kartal vd. (2008) Çankırı İli Acı Çay Havzası'nda yaptıkları çalışmada Çankırı'daki su yönetimi, kirlilik sorunları, yönetsel sorunlar ve çevresel faktörleri inceleyerek bu sorunların giderilmesi için Çankırı Su Kaynakları Yönetim Modelini (ÇASUKAY) önermişlerdir.

Lee vd. (2005) yaptıkları bir çalışmada bir havzadaki akarsuyun o havzanın biyotik, kimyasal, fiziksel yapısının entegre etkisinin havza bütünlüğünü temsil ettiğini belirtmişlerdir. Bu entegre etkinin hızlı biyodeğerlendirme protokolleri ile tespit edilebileceğini ve ayrıca hızlı biyodeğerlendirme protokollerinin uzun süreli gözlemler ile su kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Lenat ve Crawford (1994) Kuzey Carolina’da arazi kullanımının su kalitesi ve akuatik ekosistemlere etkilerini araştırmak amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada arazi kullanım türü bakımından üç farklı yapıda (orman, tarım, yerleşim) havza seçmişlerdir. Havzalar sediment verimi bakımından karşılaştırıldıklarında en fazla sediment miktarının sırasıyla, kentsel, tarımsal ve ormanlık alanların yoğun olduğu havzalarda görüldüğünü ileri sürmüşlerdir. Ayrıca besin konsantrasyonunun en yüksek tarım alanlarının yoğun olduğu havzada, akuatik canlı türlerinin ise en fazla ormanlık alanların fazla olduğu havzalar olduğunu belirtmişlerdir.

Mamun vd. (2009) yılında Malezya’nın Peninsula bölgesini 7 düşük akış bölgesine ayırarak yıllık ortalama düşük akış miktarına; havza alanları, yıllık ortalama yağış ve yıllık evaporasyon değerleri ile ilişkiye getirerek bir regresyon modeli geliştirmiş ve bu modelin Peninsula bölgesinde düşük akış tahminlerinde yaşanan bazı problemleri çözmede kolaylık sağlayacağını ileri sürmüştür.

McCartney vd. (2009) yaptıkları çalışmada bir nehir tipi Hidroelektrik Santralinin sucul yaşama etkisinin belirlenmesinde kilit rol oynayan Ekolojik Denge Debisi (can suyu) miktarının tahmini çevresel etki değerlendirme çalışmalarının önemli bir parçasını teşkil ettiğini belirtmişlerdir.

Mijuskovic – Svetinovic ve Maricic (2008) yaptıkları çalışmada, düşük akışların karakteristiğinin anlaşılması birçok açıdan büyük önem taşıdığını, sadece düşük akışların su kalitesi üzerindeki bozucu etkilerini tespit etme açısından değil bu etkilerin olası ilerleyen yıllarda yapılacak olan çalışmalara ve birçok çeşitli amaca da yardımcı olması açısından önem arz ettiğini belirtmiştir.

Pataki vd. (2011) yapmış oldukları bir çalışmada özellikle yarı kurak alanlarda hidroloji ve ekoloji bilimlerinin yakın ilişkili olduğunu ve insan etkisi altında bulunan böyle alanlarda evapotranspirasyon, akış, yer altı suyu depolama gibi nedenlerle su besinde önemli belirsizlikler olduğunu öne sürmüşlerdir.

Pyrce (2004) yaptığı bir çalışmada Hidrolojik Düşük Akış İndislerini ve kullanımlarını araştırmıştır. Derede akması gereken minimum akış (can suyu) tahmininde farklı ülkelerin araştırmacıları ve birimlerinin farklı yöntemleri kullandığını belirtmiştir. Amerika'da su kalitesinin standardize edilmesinde en çok 7Q10 yönteminin kullanıldığını, dere ekosisteminin devamlılığının sağlanması için ise Q90 akış süreci indisinin kullanıldığını belirtmiştir.

Ryu vd. (2011) Kore de yer alan Geum Deresi Havzasında iklim değişikliğinin lokal hidrolojiye ve düşük akış frekansına etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada hassas değerler (karbondioksit, sıcaklık, yağış vb.) ile tedirgin edici olan iklim senaryoları hakkında hidrolojik değişkenliği belirlemek için, detaylı bir hidrolojik model kullanmışlardır. Bu çalışmada iklim değişikliği kapsamındaki kuraklık olasılığını değerlendirmek için düşük akış frekansı incelenmiştir. Sonuç olarak ortalama su veriminin %12 ile %8 oranında değişeceği ve akım değerlerinin  $\pm 1$  ay civarında değişebileceğini öngörmüşlerdir.

Safonov ve Kovalenko (1993) yaptıkları çalışmada, hidroelektrik santrallerin akarsularda yarattığı akış problemlerini ve dolayısıyla ortaya çıkan ısı problemlerini incelemişlerdir. Akışın miktar, kalite ve rejiminde ki çeşitli değişikliklerin, su sıcaklığında, su kalitesinde özellikle de oksijen miktarında farklılıklar oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Sefe (2006), yıl içerisinde meydana gelen bir günlük minimum akım ( $Q_{IM}$ ) hidrolojisi ile ilgili yapmış olduğu çalışmada Malawi'de ki 12 adet havzanın verilerini kullanmıştır. Akım verileri üzerinden yapmış olduğu matematiksel ve istatistiksel hesaplamalar sonucu, çalışma alanındaki havzalardan 2 tanesi baskın akışlı ve diğer 2'sinin baskın kuru olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca bir günlük minimum akışların basit bir regresyon analizi ile ampirik modellere göre daha iyi tahmin edilebileceğini belirtmiştir.

Skop ve Loaiciga (1998) yapmış oldukları çalışmada havza hidrolojisini ve düşük akış karakteristiklerini Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla tespit etmişlerdir. Oluşturmuş

oldukları sayısal yükselti modeli yardımıyla eğim, bakı, akış yönü, akış uzunluğu ve alt havzaları elde ettiklerini belirtmişlerdir.

Tennant (1976) çalışmasında ekim-mart ve nisan-eylül periyotlarındaki aylık ortalama akıma bağlı olarak nehrin ekolojik kalite sınıfları belirlemiştir. Bu metotta örneğin “iyi ekolojik kaliteye sahip bir nehrin ekim-mart periyodunda önerilen su miktarı aylık ortalama akımın % 30 u, nisan-eylül dönemlerinde ise % 50 si olmalıdır” gibi hükümler getirilmiştir.

Tharme (2003) yaptığı bir çalışmada düşük akışların hesaplanmasında hidrolojik temelli, hidrolik değerlendirme, habitat simulasyon modeli ve holistik metotlarının kullanıldığını belirtmiştir.

Türkeş vd. (2009) İç Anadolu'nun Konya Bölümü'nde yer alan 4 adet meteoroloji istasyonlarından, istasyonun kayıt tutmaya başladığı tarihten itibaren 2006 yılına kadar olan veriler yardımıyla, bu istasyonların bulunduğu alanlarda egemen kurak dönemleri, kuraklıkların başlangıç, bitiş ve şiddetlerini Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (PDSI) yardımıyla belirlemişlerdir.

Türkmen ve Kazancı (2008) yapmış oldukları çalışmada Bolu ili Yedigöller yöresinde su kalitesi ile makro omurgasız faunası arasında ki ilişkiler araştırılmıştır. Canlıların tercih ettikleri sucul ortamların fiziko- kimyasal özellikleri belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda su kalite sınıfları için gösterge türler belirlenmiştir.

Whitehead vd. (2008) İngiltere'de 6 farklı havzada yaptıkları bir çalışmada UKCIP senaryoları yardımıyla gelecek tahminleri ve evaporasyon ve sıcaklık için zaman serileri oluşturmuşlardır. Bu zaman serilerini, bu nehirlerdeki akış, nitrat, amonyak, toplam ve çözünür fosfor, sediment, makrofit ve epipifitleri benzetebilmek amacıyla kullanan araştırmacılar; iklim değişikliğinin nehir karakterine, havza konumuna ve akış rejimine bağlı birçok etkisi olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Yaseef vd. (2010) yarı kurak bölgede yer alan çam ormanlarının hidrolojik bütçelerini oluşturmuşlardır. Bu amaçla su bütçesinin temel bileşenleri olan yağış, toprak suyu, evapotranspirasyon, transpirasyon, evaporasyon ve intersepsiyon üzerinde doğrudan ölçümler yapmışlardır.

Zappia ve Hayes (1998) yaptıkları bir çalışmada, habitat simulasyon metotlarından IFIM ve PHABSIM metotlarının, suyun miktarının bir takım alt modeller yardımıyla basamaklı biçimde değiştirerek balık ve diğer akuatik organizmalar üzerinden habitat koşullarının sürekliliği üzerine etkisini araştıran yöntemler olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca bu metotların uzun süreli gözlemleri ve pahalı araştırma maliyetini gerektirdiğini belirtmişlerdir.

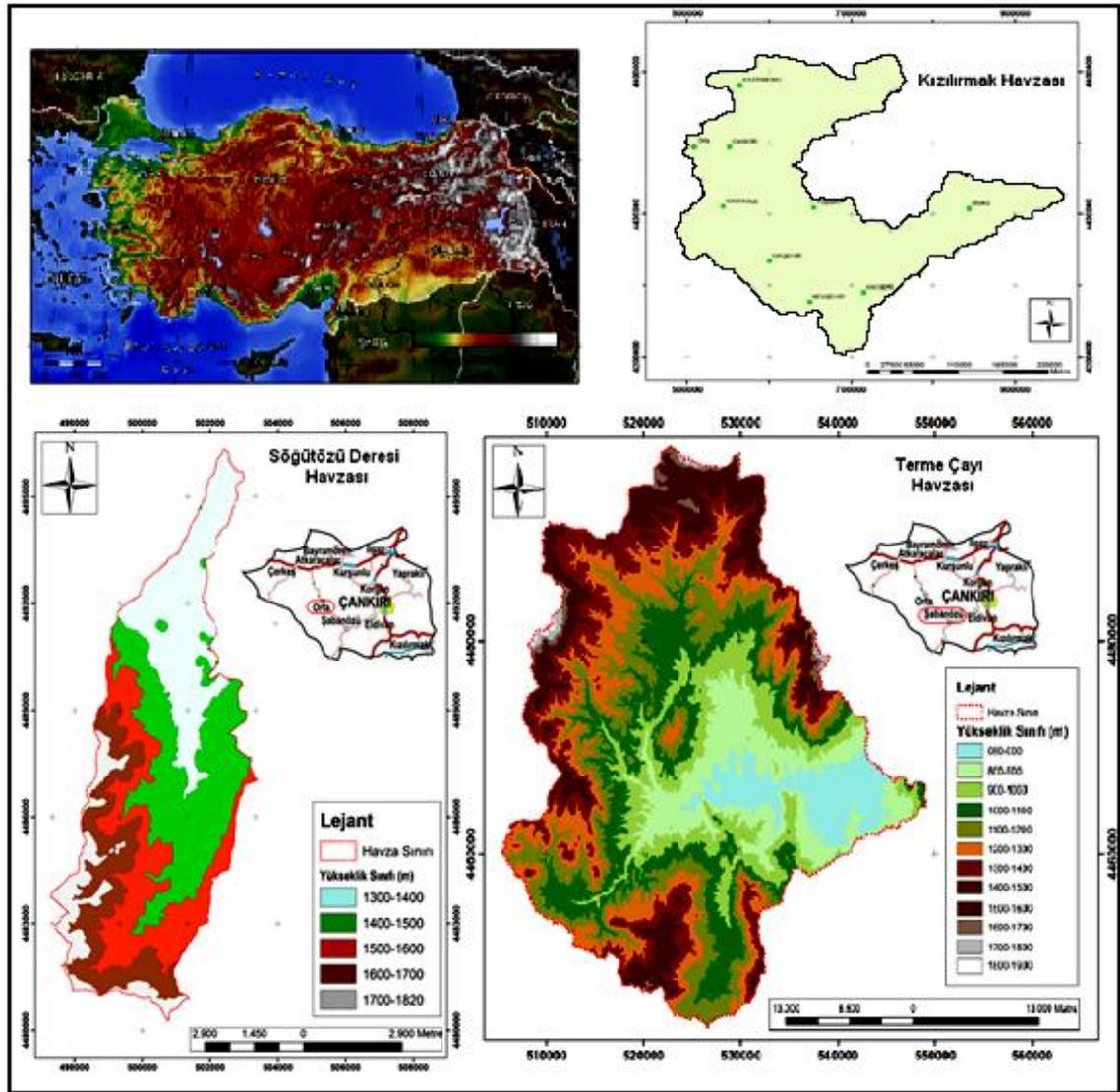


### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Araştırma alanlarının genel tanıtımı

##### 3.1.1 Coğrafi konum

Araştırma alanı olarak belirlenen Söğütözü Deresi ve Terme Çayı Havzaları, İç Anadolu Bölgesinin Çankırı ilinde bulunmaktadır. Söğütözü Deresi ve Terme Çayı, Kızılırmak Havzasının alt havzalarıdır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Araştırma alanı yer bulduru haritası

### *Söğütözü Deresi Havzası*

Söğütözü Deresi Havzası, İç Anadolu bölgesinin orta Kızılırmak bölümünde bulunan Çankırı ilinin Orta ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. İlçenin 6 km güneybatısında yer alan Söğütözü Deresi Havzası konum itibariyle,  $40^{\circ}37'64''$  -  $40^{\circ}28'21''$  kuzey enlemleri ile  $32^{\circ}58'33''$  -  $33^{\circ}52'51''$  doğu boylamları arasındadır. Havzanın toplam alanı 4825 ha'dır (Şekil 3.2).

Havzanın en yüksek tepesi, batı ucunda Uluevliya Tepesi (1820 m)'dir. Alanın doğusunda Keçikıranseti Tepesi (1523 m), kuzeyinde Değirmen Tepe (1345 m), güneyinde Kumkaynar Tepe (1768 m) bulunmaktadır.



**Şekil 3.2** Söğütözü Deresi Havzası debi ölçme ve su örnekleme noktası

### *Terme ayı Havzası*

Terme ayı Havzası, İç Anadolu bölgesinin orta Kızılırmak bölümünde bulunan ankırı ilinin güneybatısında yer almaktadır. Havzanın çıkış noktası ankırı-Ankara karayolunun 40. km' sinde bulunan Tüney Köyü yakınındadır. Havza konum itibari ile 40°37'58" - 40°08'32" kuzey enlemleri ile 33°03'48" - 33°34'38" doğu boylamları arasındadır. Toplam alanı 131273 ha'dır (Şekil 3.3).

Havzanın en yüksek tepesi kuzeybatı ucunda Kara Tepe (1896 m)'dir. Alanın kuzeyinde Balıklıgüney Tepe (1652 m), doğusunda Koca Tepe (1059 m), güneyinde Elecikyüzü Tepe (1217 m), batısında Üçbaş Tepe (1601 m) bulunmaktadır.



Şekil 3.3 Terme ayı Havzası debi ölçme ve su örnekleme noktası

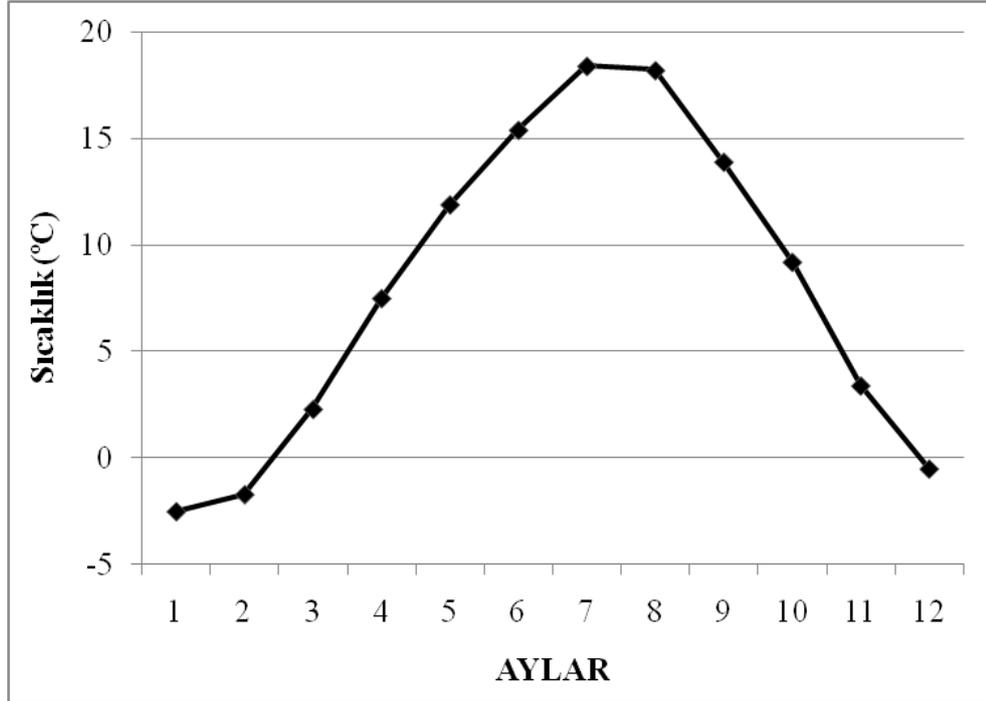
### **3.1.2 İklim**

#### **3.1.2.1 Sıcaklık**

### *Söğütözü Deresi Havzası*

Araştırma alanına ait ortalama sıcaklık değerleri havzaya en yakın olan erkeş meteoroloji istasyonuna ait verilerden alınmıştır (Anonim 2011a). Araştırma alanı için yıllık ortalama sıcaklık 8°C, en soğuk ay -2.5°C ile Ocak, en sıcak ay 18.4°C ile

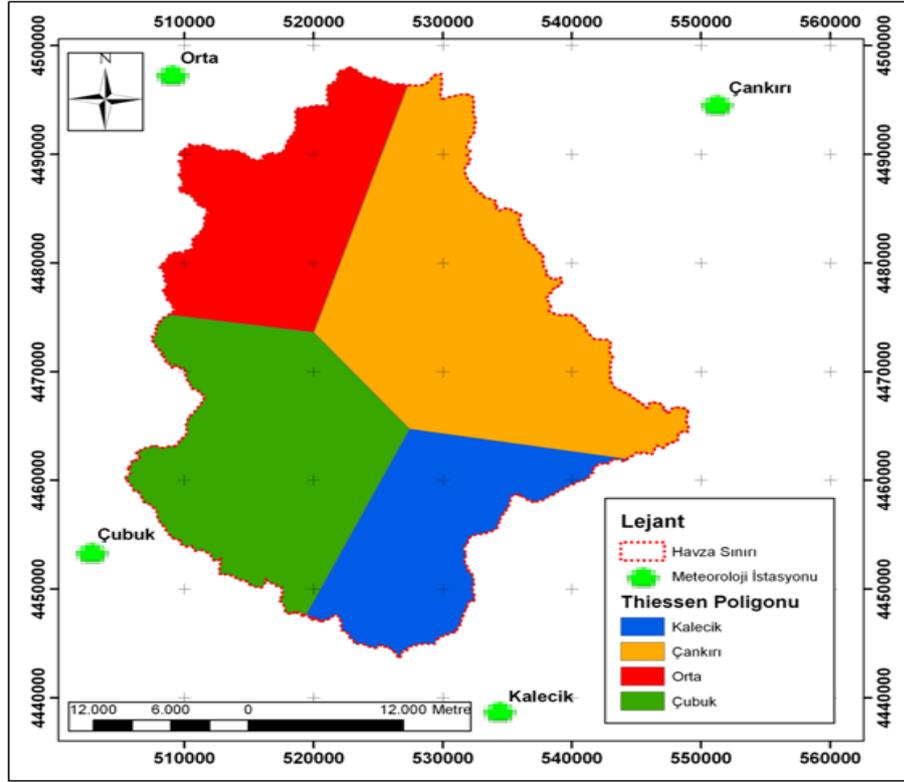
Temmuzdur (Şekil 3.4). Yıllık ortalama bağıl nem %64'tür. Araştırma alanında esen hakim rüzgar yönü ESE olup 2.2 m/sn ile Mart ayında.



Şekil 3.4 Çerkeş Meteoroloji istasyonunun aylara göre ortalama sıcaklık değerleri grafiği (Anonim 2011a)

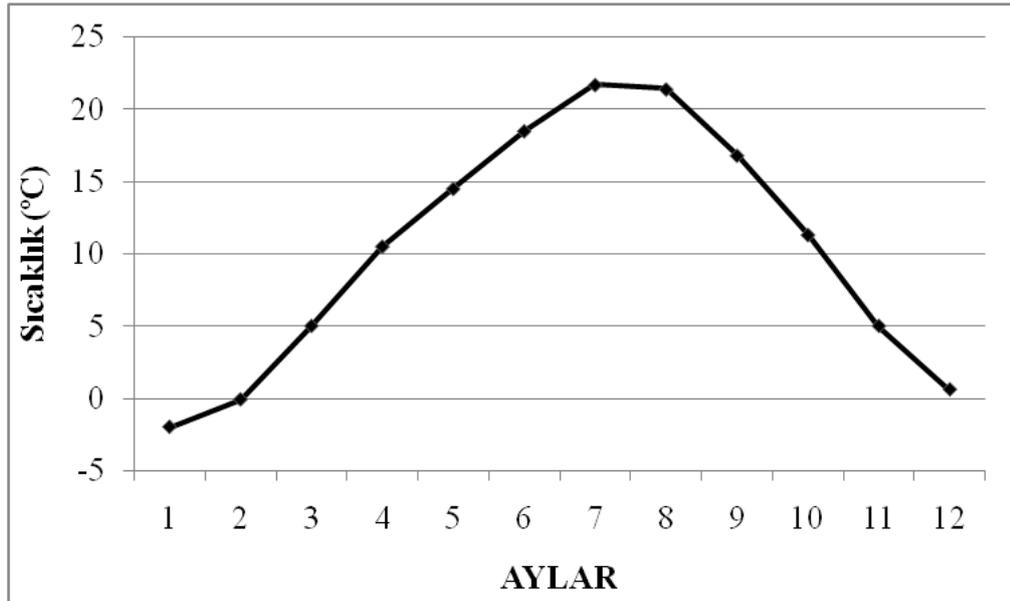
#### *Terme Çayı Havzası*

Araştırma alanına ait ortalama sıcaklık değerleri için Thiessen Poligon Yöntemine göre havzanın çevresinde yer alan Çankırı, Orta, Kalecik ve Çubuk Meteoroloji istasyonlarında yapılmış olan ölçüm değerleri havzanın iklim tipinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Thiessen poligon yönteminde, havzanın içerisinde ve bitişiğinde bulunan iklim istasyonları yardımıyla havza poligonlara ayrılarak, ortalama iklim değerleri elde edilmektedir (Şekil 3.5), (Usul 2008).



Şekil 3.5 Çankırı, Orta, Kalecik ve Çubuk Meteoroloji istasyonlarına göre oluşturulan Thiessen Poligonu

Araştırma alanı için yıllık ortalama sıcaklık  $10.3^{\circ}\text{C}$ , en soğuk ay  $-2.0^{\circ}\text{C}$  ile Ocak ayı, en sıcak ay  $21.7^{\circ}\text{C}$  ile Temmuzdur (Şekil 3.6). Yıllık ortalama bağıl nem %66'dır.

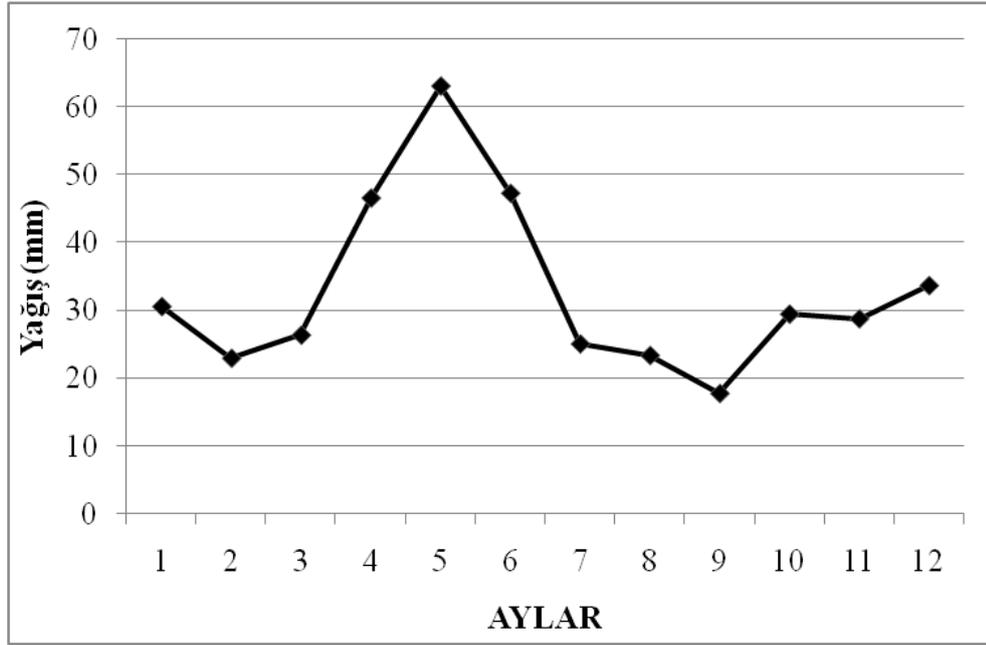


Şekil 3.6 Terme Çayı Havzasının aylara göre ortalama sıcaklık değerleri grafiği (Anonim 2011b)

### 3.1.2.2 Yağış

#### *Söğütözü Deresi Havzası*

Söğütözü Deresi Havzasına ait ortalama yağış değerleri havzaya en yakın olan Çerkeş meteoroloji istasyonunda yapılmış olan ölçümlerden alınmıştır (Anonim 2011a).



**Şekil 3.7** Çerkeş Meteoroloji istasyonunun aylara göre ortalama yağış değerleri grafiği (Anonim 2011a)

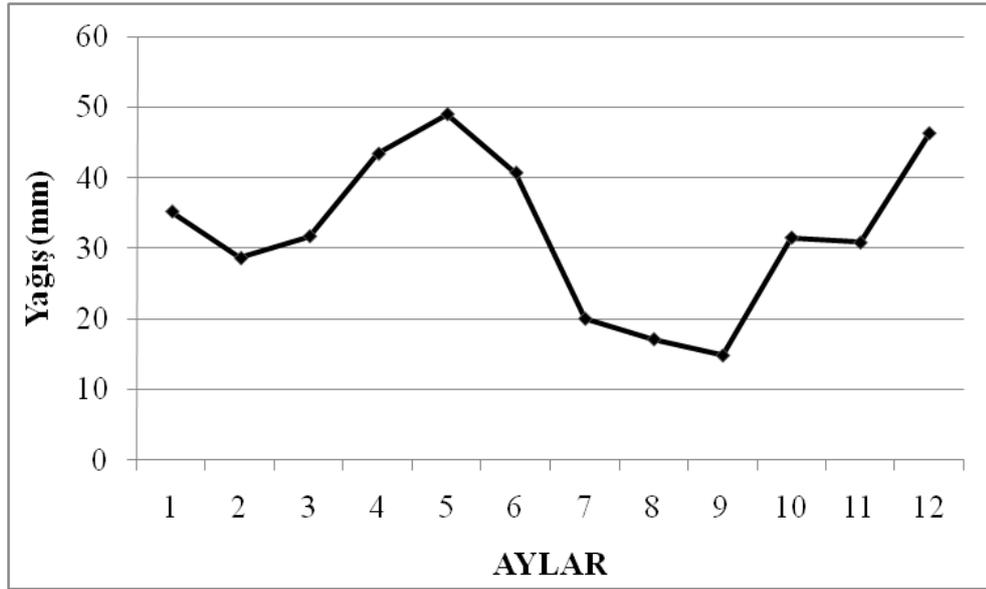
İklim verileri incelendiğinde, araştırma alanı için yağışın en fazla olduğu ay Mayıs (63.0 mm), en az olduğu ay ise Eylül (17.7 mm)' dir.Yıllık toplam yağış ise 394.1 mm'dir.Mayıs ayında maksimum değere ulaşan yağış,Eylül ayına kadar azalmaktadır. Derelerde akan akışlar Mayıs ayından itibaren giderek azalmakta ve yağışlarla birlikte tekrardan artmaktadır.

#### *Terme Çayı Havzası*

Havzaya ait ortalama yağış değerleri havzanın çevresinde yer alan Çankırı, Orta, Kalecik ve Çubuk meteoroloji istasyonlarında yapılmış olan ölçümlerden, Thiessen

poligon yöntemi ile elde edilmiştir. Elde edilen değerler Şekil 3.8’de gösterilmiştir (Anonim 2011b).

Terme Çayı Havzası için, yağışın en fazla olduğu ay Mayıs (49.0 mm), en az olduğu ay ise Eylül (14.8 mm)’dür. Yıllık toplam yağış ise 389.1 mm’dir. Havzada yağışlar Haziran ayından itibaren Ekim ayına kadar azalmakta ve deredeki debiyi doğrudan etkilemektedir.



Şekil 3.8 Terme Çayı Havzasının aylara göre ortalama yağış değerleri grafiği (Anonim 2011b)

### 3.1.2.3 İklim tipi

İklim tiplerinin belirlenmesinde Aydeniz (1985) ve Thornwaite (1957) metotları kullanılmıştır. Aydeniz metodunda iklim tipinin belirlenmesi için yıllık güneşlenme sürelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Her iki havza için güneşlenme sürelerinin ölçümü yapıldığı en yakın istasyon olan Çankırı Meteoroloji İstasyonuna ait güneşlenme süreleri kullanılmıştır. Thornwaite yönteminde Söğütözü Deresi Havzası için Thiessen Poligon yöntemine göre havzaya uyarlanması denenmiş fakat havza çevresinde yer alan meteoroloji istasyonlarının bir poligon oluşturamaması sonucu havzaya en yakın olan Çerkeş Meteoroloji istasyonunun ölçüm değerlerinden yararlanılmıştır. Terme Çayı Havzası için Çankırı, Orta, Kalecik, Çubuk Meteoroloji istasyonlarının ölçüm değerleri

kullanılarak Thiessen Poligon yöntemine göre havza için ortalama sıcaklık ve yağış değerleri elde edilmiştir.

Aydeniz (1985), özellikle kurak dönemlerin ve indislerin belirlenmesinde, sadece yağış ve sıcaklık parametrelerinin kullanımının yetersiz olduğunu ve gerçeğe yakın değerlerin elde edilmesinde nem - yağış ilişkisi ile sıcaklık - güneşlenme süresi ilişkilerinin göz önünde bulundurulmasının daha uygun sonuçlar vereceğini bildirmiştir. Aydeniz formülünde yer alan parametreler ortalama sıcaklık, yağış, ortalama nem yüzdesi, ortalama güneşlenme yüzdesidir (Göl 2002).

Aylık;

$$N_{ks} = \frac{YN \cdot 12}{SG_s + 15} \quad K_{ks} = \frac{1}{N_{ks}}$$

- Y : Aylık toplam yağış (cm)  
N : Aylık ortalama nem (%)  
S : Aylık ortalama sıcaklık (°C)  
Gs : Güneşlenme süresi (%)  
Nks : Nemlilik katsayısı  
15 : Sabite  
Kks : Kuraklık katsayısı

Yıllık;

$$N_{ks} = \frac{YN \cdot 12}{SG_s + 15} \cdot N_p \quad K_{ks} = \frac{1}{N_{ks}}$$

- Nks : Nemlilik katsayısı  
Y : Yıllık toplam yağış (cm)  
N : Yıllık ortalama nem (%)  
S : Yıllık ortalama sıcaklık (°C)



- G<sub>s</sub> : Yıllık güneşlenme süresi yüzdesi  
 N<sub>p</sub> : Nemli dönem yüzdesi (12 aya ait N<sub>ks</sub> değerleri bulunur ve 0.40' dan az olanların sayısı 12 den çıkarılır. Kalan ay sayısı 12 ye bölünüp N<sub>p</sub> değeri elde edilir.)  
 15 : Sabite,  
 K<sub>ks</sub> : Kuraklık katsayısı,

Aydeniz Formülüne göre nemlilik katsayısı N<sub>ks</sub>= 0.76 veya kuraklık katsayısı K<sub>ks</sub>= 1.31 dir (Çizelge 3.1). Bu değerlere göre araştırma alanlarının nemlilik durumu "kurakça", iklim sınıfı "çalı" bulunmuştur.

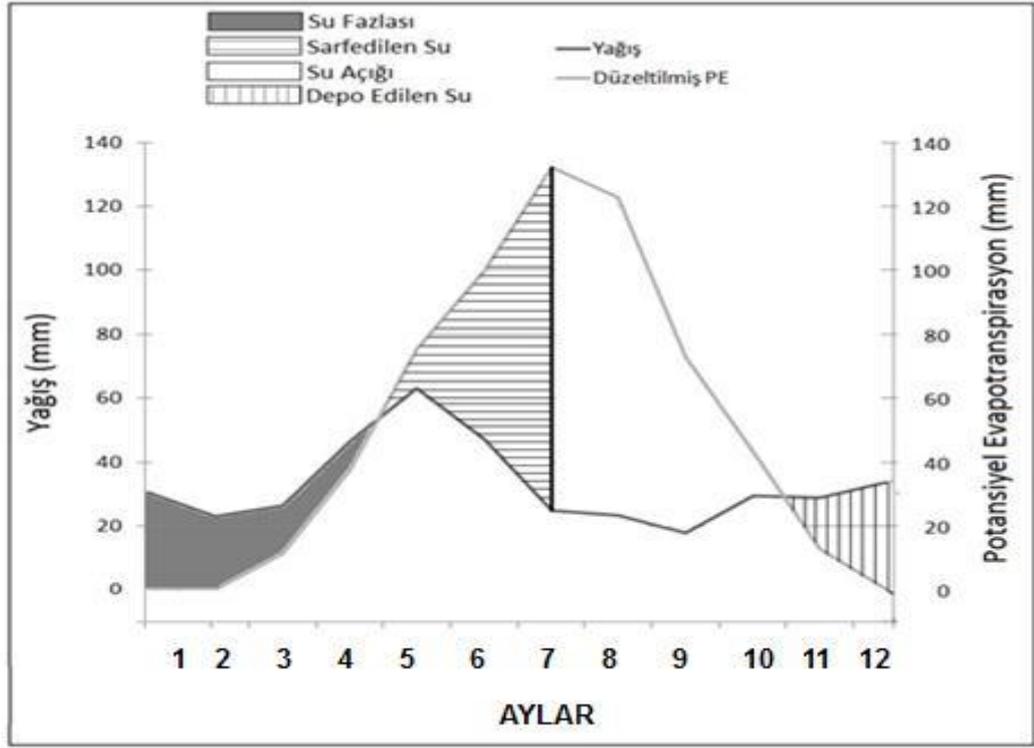
**Çizelge 3.1** Çankırı meteoroloji istasyonuna ait Güneşlenme süresi (G<sub>s</sub>) Nemlilik Katsayısı (N<sub>ks</sub>) ve Kuraklık Katsayısı (K<sub>ks</sub>) değerleri (Anonim 2011c)

Meteorolojik Elemanlar	AYLAR												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
G <sub>s</sub> (%)	0.09	0.14	0.21	0.29	0.33	0.4	0.44	0.41	0.35	0.25	0.15	0.08	1.8
N <sub>ks</sub>	2.48	1.73	1.68	2.08	2	1.14	0.53	0.47	0.6	1.4	1.61	2.78	0.76
K <sub>ks</sub>	0.4	0.58	0.6	0.48	0.5	0.88	1.89	2.11	1.68	0.71	0.62	0.36	1.31

Thornthwaite yöntemi yağış etkenliği üzerinde rol oynayan yağış miktarı ve sıcaklık yanında, toprağın su biriktirme kapasitesi, coğrafi yörenin enlem derecesi gibi diğer önemli faktörleri de hesaba katması, yağış etkenliğinin grafik yolla gösterilebilmesi gibi özellikleri ile diğer yöntemlerden ayrılmaktadır (Çepel 1995).

#### *Söğütözü Deresi Havzası*

Thornthwaite yöntemine göre Söğütözü Deresi Havzasının iklim tipi, Çerkeş Meteoroloji İstasyonu ölçüm değerlerinden yararlanılarak incelenmiştir. Bu yöntemle göre araştırma alanının su bilançosu çizelgesi düzenlenerek grafiği çizilmiştir (Çizelge 3.2, Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Thornthwaite yöntemine göre Çerkeş'in su bilançosu grafiği

Çizelge 3.2 Thornthwaite yöntemine göre Çerkeş'in su bilançosu

Bilanço Elemanları	AYLAR												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Sıcaklık (°C)	-2.50	-1.70	2.30	7.50	11.90	15.40	18.40	18.20	13.90	9.20	3.40	-0.50	8.00
Sıcaklık İndisi	0.00	0.00	0.31	1.85	3.72	5.49	7.19	7.07	4.70	2.52	0.56	0.00	33.41
Düzeltilmemiş PE (mm)	0.00	0.00	10.94	34.00	60.80	79.80	104.10	103.90	70.10	45.10	15.70	0.00	
Düzeltilmiş PE (mm)	0.00	0.00	11.27	37.74	75.39	99.75	132.21	122.60	72.90	43.30	13.03	0.00	608.19
Yağış(mm)	30.50	22.90	26.30	46.50	63.00	47.20	25.00	23.30	17.70	29.40	28.70	33.60	394.10
Depo Değişikliği (mm)	30.50	20.23	0.00	0.00	-12.39	-52.55	-35.06	0.00	0.00	0.00	15.67	33.60	
Depolama (mm)	79.77	100.00	100.00	100.00	87.61	35.06	0.00	0.00	0.00	0.00	15.67	49.27	
Gerçek E. (mm)	0.00	0.00	11.27	37.74	75.39	99.75	60.06	23.30	17.70	29.40	13.03	0.00	367.64
Su Noksanı (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	72.15	99.30	55.20	13.90	0.00	0.00	240.55
Su Fazlası(mm)	0.00	2.67	15.03	8.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.46
Yüzeysel Akış (mm)	0.00	1.34	8.19	8.48	4.24	2.12	1.06	0.53	0.26	0.13	0.07	0.04	26.46
Nemlilik Oranı	0.00	0.00	1.33	0.23	-0.16	-0.53	-0.81	-0.81	-0.76	-0.32	1.20	0.00	

Not: PE: Potansiyel evapotranspirasyon, E: Evapotranspirasyon

Aylık ortalama sıcaklığın sıfırın altında olduğu aylar için PE değerinin sıfır olacağı kabul edilmektedir (Çepel 1995).

Thornthwaite tarafından geliştirilmiş formül,

$$I_m = \frac{100s - 60d}{n}$$

$I_m$  : Yağış etkenliği indisi

$s$  : Yıllık su fazlası (mm)

$d$  : Aylık su noksanının yıllık toplamı (mm)

$n$  : Potansiyel evapotranspirasyonun yıllık değeridir(mm).

Sonuç olarak su bilançosu çizelgesindeki elemanlardan yararlanılarak bulunan yağış etkenliği indisi  $I_m = -19.38$  olarak bulunmuştur (Çizelge 3.3). Bu değere göre araştırma alanı indis değeri (0) - (-20) arasında olup, yağış etkenliği "Yarı nemli-yarı kurak", iklim tipi "Kurak İklimler C1" sınıfına girmektedir. Yıllık potansiyel evapotranspirasyon miktarına göre ise iklim tipi, 608.2 cm ile Mezotermal B<sub>1</sub> sınıfında yer almaktadır.

Yağış rejimi tipinin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır

$$I_n = \frac{100s}{n}$$

$I_n$  : Nemlilik indisini,

$s$  : Yıllık su fazlasını (mm)

$n$  : Yıllık düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyon (mm) miktarı

Bulunan nemlilik indisi  $I_n = 4.35$  değeri ile (0) - (20) değerleri arasında olup, yağış rejimi tipi "Su fazlası yok veya pek az (d)" sınıfa girmektedir.

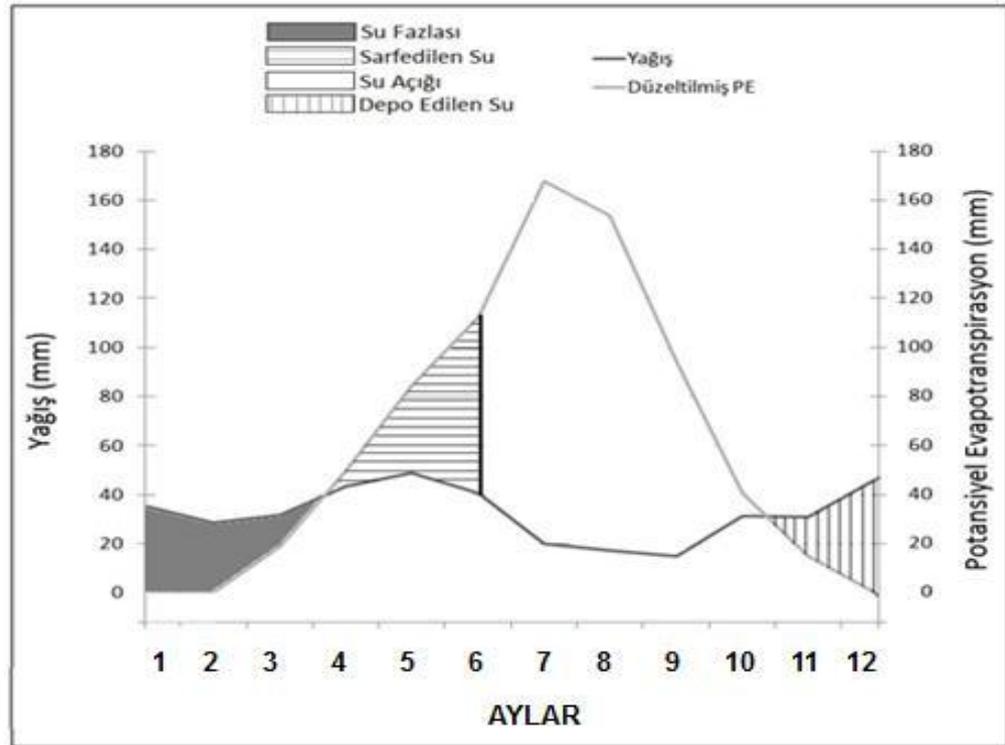
Sıcaklık rejimi ise; yıllık düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyon miktarının üç yaz ayına ait düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyon değerleri toplamına oranlanmasıyla bulunmaktadır. Çerkeş'in yaz aylarının Haziran, Temmuz, Ağustos ayları olduğu göz önüne alındığında bu değer, 354.56 mm olup bu değer de yıllık potansiyel

evapotranspirasyon miktarının %58.30' unu oluşturmaktadır. Bu değer ile Çerkeş; Denizel iklim etkisine yakın b<sub>2</sub> sınıfına dahil olmaktadır.

Sonuç olarak Çerkeş; C<sub>1</sub> B<sub>1</sub> d b<sub>2</sub> rumuzu ile gösterilen "Kurak-yarı nemli, mezotermal, su fazlası yok veya pek az, denizel iklim etkisine yakın" bir iklim tipine sahip olduğu ortaya çıkmaktadır (Şekil 3.8).

### Terme Çayı Havzası

Terme Çayı Havzasının iklim tipi, Çankırı, Orta, Kalecik, Çubuk Meteoroloji istasyonlarının ölçüm değerlerinin Thiessen Poligon yöntemine göre havzaya uyarlanması ile elde edilen değerlerden hazırlanmıştır (Çizelge 3.3, Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Thornthwaite yöntemine göre Terme Çayı Havzasının su bilançosu grafiği

Terme Çayı Havzası su bilançosu çizelgesinden yararlanılarak bulunan yağış etkenliği indisi  $I_m = -26.20$  olarak bulunmuştur (Çizelge 3.2). Bu değere göre araştırma alanı indis değeri (-20) - (-40) arasında olup, yağış etkenliği "Yarı kurak", iklim tipi "Kurak

İklimler D" sınıfına girmektedir. Yıllık potansiyel evapotranspirasyon miktarına göre ise iklim tipi, 736.63 mm ile Mezotermal B<sub>2</sub> sınıfında yer almaktadır.

**Çizelge 3.3** Thornthwaite yöntemine göre Terme Çayı Havzası'nın su bilançosu

Bilanço Elemanları	AYLAR												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Sıcaklık (°C)	-2.00	-0.10	5.00	10.50	14.50	18.50	21.70	21.40	16.80	11.30	5.00	0.60	10.30
Sıcaklık İndisi	0.00	0.00	1.00	3.08	5.01	7.25	9.23	9.04	6.26	3.44	1.00	0.04	45.35
Düzeltilmemiş PE (mm)	0.00	0.00	18.20	44.80	68.10	90.00	132.20	130.10	90.40	42.30	18.20	0.07	
Düzeltilmiş PE (mm)	0.00	0.00	18.75	49.73	84.44	112.50	167.89	153.52	94.02	40.61	15.11	0.06	736.63
Yağış(mm)	35.20	28.60	31.70	43.40	49.00	40.70	20.00	17.10	14.80	31.50	30.80	46.30	389.10
Depo Değişikliği (mm)	35.20	2.87	0.00	6.33	35.44	58.23	0.00	0.00	0.00	0.00	15.69	46.24	
Depolama (mm)	97.13	100.00	100.00	93.67	58.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.69	61.93	
Gerçek E. (mm)	0.00	0.00	18.75	49.73	84.44	98.93	20.00	17.10	14.80	31.50	15.11	0.06	350.42
Su Noksanı (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.57	147.89	136.42	79.22	9.11	0.00	0.00	386.21
Su Fazlası(mm)	0.00	25.73	12.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.68
Yüzeysel Akış (mm)	0.00	12.87	12.91	6.46	3.23	1.62	0.81	0.40	0.20	0.10	0.05	0.03	38.68
Nemlilik Oranı	0.00	0.00	0.69	-0.13	-0.42	-0.64	-0.88	-0.89	-0.84	-0.22	1.04		770.6 7

**Not:** PE: Potansiyel evapotranspirasyon, E: Evapotranspirasyon

Aylık ortalama sıcaklığın sıfırın altında olduğu aylar için PE değerinin sıfır olacağı kabul edilmektedir (Çepel 1995).

Yağış rejimi tipi hesaplamalar sonucu;  $I_h = 5.25$  değeri ile (0) - (20) değerleri arasında olup, yağış rejimi tipi " Su fazlası yok veya pek az (d)" sınıfa girmektedir.

Sıcaklık rejimi ise; 433.91 olup bu değer de yıllık potansiyel evapotranspirasyon miktarının %58.90' ını oluşturmaktadır. Thornthwaite yöntemine göre bu değeri ile Terme Çayı Havzası; Denizel iklim etkisine yakın b<sub>2</sub> sınıfına dahil olmaktadır.

Sonuç olarak Thornthwaite yöntemine göre Terme Çayı Havzası'nın; D B<sub>2</sub> s b<sub>2</sub> rumuzu ile gösterilen " Yarı kurak, Mezotermal, Su fazlası yok veya pek az, Okyanusal iklim etkisine yakın" bir iklim tipine sahip olduğu ortaya çıkmaktadır (Şekil 3.9).

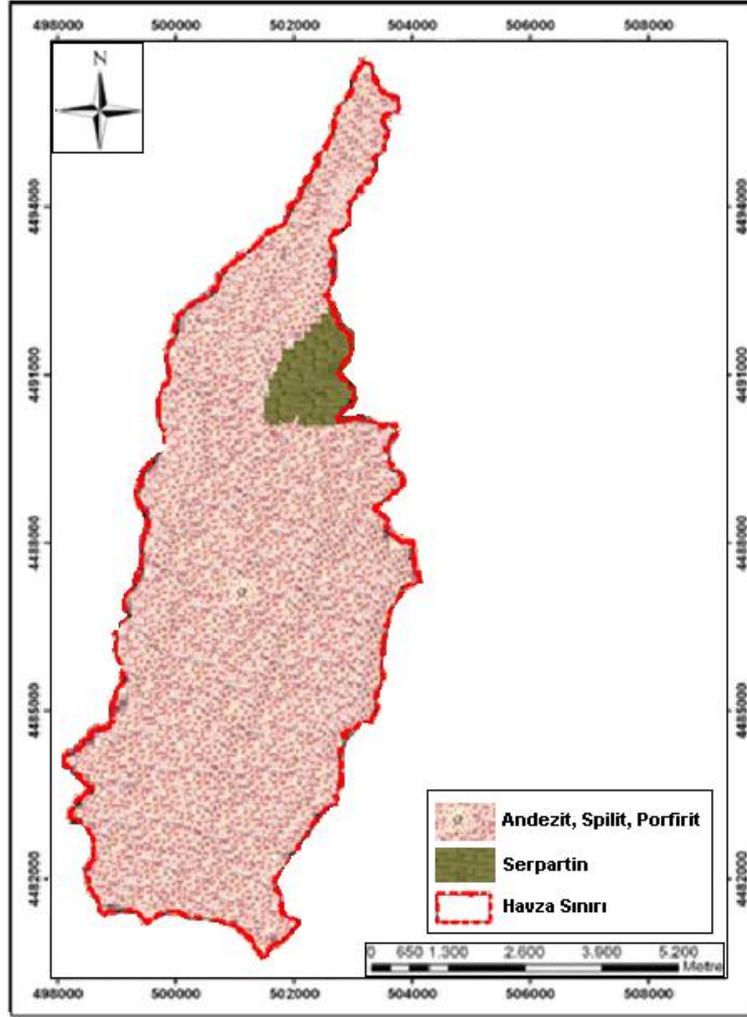
### 3.1.3 Araştırma alanı jeolojisi

Araştırma alanlarına ait jeolojik yapının tanımlanmasında Maden Tetkik Arama Enstitüsünce (MTA) hazırlanan 1/500 000 ölçekli jeoloji haritalarından yararlanılmıştır.

#### *Söğütözü Deresi Havzası*

Orta sahasında volkanik ve piroklastik kayalar içindeki bir çökeltme havzasında, düşük kaliteli linyit bantlarıyla ara tabakalı, kaolence zengin kil tabakaları bulunmaktadır. Bu killer, Orta ilçesi merkez olmak üzere Kalfat, Kırsakal, Sakar Karacaören, Bastak, Hasanacı, Büğdüz ve Kanlıca köyleri (Şekil 3.11) arasındaki yaklaşık 80 km lik bir alana yayılan alüvyon tabakası ile örtülüdür. Orta kil yatakları Pliyosende bataklık göl ortamına taşınan kilin zamanla göl sularının etkisi sonucu kaolinleşmesiyle oluşmuştur. Gölün çevresindeki kayaları oluşturan piroklastik ve volkanik kökenli kayaların bozuşma ürünü olarak gelişen simektitçe zengin toprak, çökeltme havzasına akarsularla taşınan kilin başlıca kaynağıdır (Türkmenoğlu vd. 1991).

Araştırma alanında andezit ve serpantin serisi mevcuttur. Formasyon kalın, yatay ve yataya yakın tabakalanmalı volkanik konglomera şeklinde yüzeylemektedir. Tüf matriks ile tutturulmuş volkanik kayalar çakıl ve blokları ile silisifiye tüf ve kilden oluşmaktadır. Çakıllar kötü boylanmış ve az yuvarlaklaşmışlardır. Konglomera kum taşı ve silt taşından oluşur. Konglomeralar, kalın tabakalı, tane destekli, çapraz katmanlı olup kum taşı mercikleri içerir. Kum taşları kalın tabakalı, çapraz katmanlı ve kalın laminalıdır. Tane boyu incelemek kum taşı mercikleri içeren kalın tabakalı, paralel ve çapraz laminalı silt taşlarına geçmektedir (Şengüler 2007).



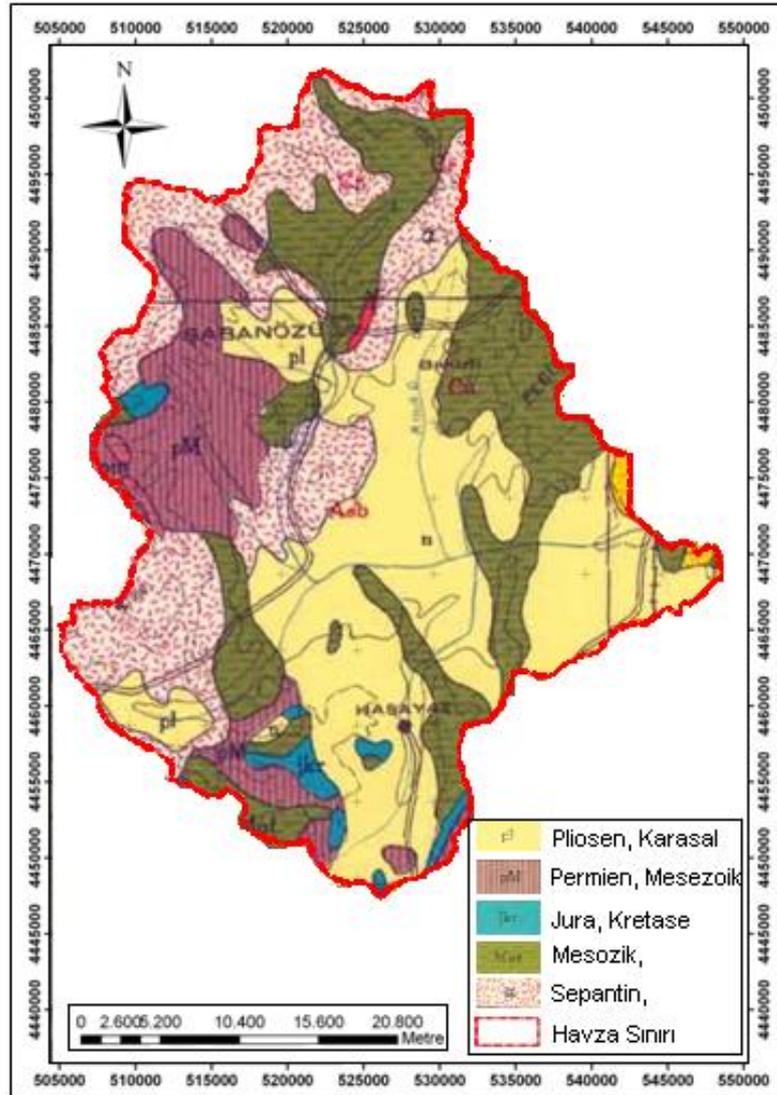
**Şekil 3.11** Söğütözü Deresi Havzasının 1/500 000 ölçekli jeoloji haritası (MTA 2011)

### *Terme Çayı Havzası*

Bölgede Triyas' tan Kuvaterner'e kadar değişik nitelikte kaya birimleri yüzeylemektedir. Sahada Triyas yaşlı birim Köşrelilik formasyonu, Kretase yaşlı birim Eldivan ofiyolitidir. Miyosen yaşlı kaya birimleri ise Kurtsivrisi volkanitleri, Hançili formasyonu, Karakoçaş formasyonu, Hüyükköy formasyonu, Eregez aglomerası ve Aydos bazaltıdır. Bölgede Pliyosen yaşlı kayalar, Orta formasyonu ve Büyükyakalı formasyonu ile temsil edilir (Şekil 3.12). Kuvaterner' de alüvyon oluşmuştur. Tersiyer yaşlı birimlerden, Eregez aglomerası, Hançili formasyonu ve Orta formasyonu kömür içermektedir (Şengüler 2007).

Eldivan ofiyoliti (Ke), Serpantinit, split, gabro, çörtlü kireçtaşı, radyolarit ve diyabaz litolojilerinin karışımından oluşmuştur. Ayrıca; Triyas, Jura ve Kretase yaşlı bloklar içermektedir. Ofiyolit, Triyas yaşlı formasyonlar üzerine tektonik dokanakla gelmiştir. Eldivan ofiyolitinin yerleşme yaşı Akyürek vd. (1980) tarafından Erken Kretase olarak verilmiştir.

Kurtsivrisi volkanitleri (Tku), çoğunlukla sarı ve kırmızı renklere, sert ve soğuma eklemli olarak görülür. Genellikle andezit ve andezitik tüflerden oluşmuştur. Triyas ve Kretase yaşlı birimleri kesmiş ve üzerlerine akarak yerleşmiştir. Kurtsivrisi volkanitleri Hançili formasyonu ile eş zamanlı olup yaşı Miyosen'dir (Şengüler 2007).



Şekil 3.12 Terme Çayı Havzasının 1/500 000 ölçekli jeoloji haritası (MTA 2011)



Hançili formasyonu (Th), Kalecik'e bağlı Hançili Köyü çevresinde geniş bir alanda yayılım gösterir. Açık sarı, boz ve yeşilimsi renkli kumtaşı, silttaşı, marn, killi kireçtaşı ve tüfit ar dalanmasından oluşmuştur. Özellikle alt ve orta seviyeleri linyit ve bitümlü Őeyl içermektedir. Birim ince tabakalı ve laminalı olup kırılma ve ayrışması pulcuklar Őeklinindedir. Kumtaşları polijenik özellikte olup tanelerde boylanma ve yuvarlaklaşma oldukça belirgindir. Kireçtaşı, kuvars, feldspat, metamorfik ve volkanik kayaç parçalarından oluşan taneler az tutturulmuş olup imentosu karbonat, silis ve kilden oluşmuştur. Hançili formasyonu yanal olarak Kurtsivrisi volkanitleri ve Eregez aglomerası ile giriktir. zerinde ise kaba detritiklerden oluşan Karakoçaş formasyonu ile geçişlidir.

Hançili formasyonu fosil bakımından oldukça fakirdir ancak bazı kömürlü seviyelerden alınan örneklerin pollen analizlerinden Geç Miyosen yaşı elde edilmiştir (Akyürek vd 1980). Birim bölgede gelişen göl ortamında çökelmiştir. Yersel olarak görülen jipsli seviyeler ile omurgalı fosilleri gln zaman zaman kurumaya varan sığlaşma süreci geçirdiğini göstermektedir. Hançili formasyonunun Eregez aglomerası ile olan girikliği havzanın batısında görülmekte olup volkanik etkinlik merkezinin daha batıda olduğuna işaret etmektedir.

Karakoçaş formasyonu (Tka), Kırmızı-boz-yeşil renkte alacalı bir grnmedir. Genellikle konglomera ve kumtaşlarından oluşmuştur. Konglomeralar kaba taneli, kötü boylanmalı ve az yuvarlaklaşmıştır. Polijenik özellikte olan konglomeralar genellikle tane destekli olup bazı kesimlerinde kil matriks ile tutturulmuştur. Birimde tabakalanmaya her yerde rastlanmamakta olup yer yer bentonitik kil seviyeleri ve lav akıntılarını gözlenmektedir. Hançili formasyonu üzerinde uyumlu olarak yer alan Karakoçaş formasyonu yer yer de Eregez aglomerası ile yanal geçişlidir. Formasyonun kalınlığı daha önceki çalışmacılar tarafından 150 m, yaşı ise Geç Miyosen olarak kabul edilmiştir (Şengüler 2007).

### **3.1.4 Toprak yapısı**

Araştırma alanı toprakları mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (KHGM) büyük toprak grupları haritasına göre değerlendirilmiştir.

Söğütözü Deresi havzasında büyük toprak gruplarından Kahverengi topraklar, Kireçsiz Kahverengi topraklar ve Koluviyal topraklar bulunmaktadır. Havzanın değişik kesimlerinde kireçsiz jeolojik maddeler üzerinde kahve renkli kalın A horizonu ve kil birikimli B horizonlarından ibaret kireçsiz kahverengi topraklar oluşmuştur. Kurak Orta Anadolu kuşağının yaygın ve tipik toprağı olan Kahverengi topraklarda kışın ve ilkbaharda düşen yağış serbest kireci 40 – 50 cm derinliğe kadar kısmen yıkamıştır. Yıkanan kireç bu derinliğin altındaki bir katta birikmiştir. Birikim genellikle bu kata yayılmış halde veya iplikçikler ve yumuşak cepler halinde bulunmaktadır. Dağlık ve tepelik arazilerden taban araziye geçişteki etek şeritlerinde, yer çekimi ve küçük akıntılarla taşınmış olup zerre büyüklüğüne göre yatay sıralanma göstermeyen pekişmemiş materyal üzerinde zayıf Ahorizonundan başka oluşuma sahip olmayan genç Koluviyal topraklarda bu havza içerisinde yer almaktadır (Anonim 1974).

Terme Çayı havzasında ise büyük toprak gruplarından Kahverengi topraklar ve Aluviyal topraklar bulunmaktadır. Aluviyal toprakların bulunduğu tabanlar genellikle % 1'den daha az eğimli ve alçaktır. Bu yüzden çoğu kez bu topraklar çevredeki diğer topraklara oranla daha nemlidirler. Yer yer taban suyu problemi görülebilir. Taban suyu, nemliliğin yanında tuz birikiminde de sebep olabilmektedir (Anonim 1974).

### **3.1.5 Bitki örtüsü**

Söğütözü Deresi ve Terme Çayı Havzası Türkiye'nin üç büyük flora alanlarından İran-Turan (Orta Anadolu Bölümü) flora bölgesinde yer almakta, Davis'in kareleme sisteminde A<sub>4</sub> karesi içinde bulunmaktadır. Karadeniz iklim kuşağından Orta Anadolu iklim kuşağına geçiş şeridinde yer alan bu bölgelerde kuzeyden güneye doğru inildikçe bitki örtüsünde yoksullaşma görülmektedir.

Söğütözü Deresi Havzasında orman vejetasyonunda bir bölgedeyayılış göstermektedir. Havzanın hemen her yerinde çalılar ve ağaççıklar seyrek bir halde bulunmektedir. Bunun yanı sıra alanda çayır vejetasyonu ile alanın içinden geçen derekenarında ise sucul vejetasyon bulunmaktadır (Anonim, 2011d).

Orman vejetasyonu: *Pinus sylvestris* L., *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *nigra* (Lamb.) Holmboe, *Quercus infectoria* G. Olivier, step vejetasyonunu: *Berberis vulgaris* L., *Paliurus spina-christi* Mill., *Crataegus* sp., *Astragalus* sp., dere vejetasyonu: *Salix alba* L., *Populus nigra* Marshall, *Elaeagnus* sp., oluşturmaktadırlar.

Terme Çayı Havzasının çok büyük bir kısmını mera ve step vejetasyonu oluşturmaktadır. Kuraklık ve antropojen etkinin olumsuz etki yapmış olduğu havzanın %7.76'sını doğal ve bozuk ormanlar ve büyük bir çoğunluğunu (%91.37) ziraat ve mera alanları kaplamaktadır.

Terme Çayı Havzasında orman vejetasyonunu: *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *nigra* (Lamb.) Holmboe, *Pinus sylvestris* L., *Juniperus excelsa* Bieb., step vejetasyonu: *Paliurus spina-christi* Mill., *Berberis vulgaris* L., *Astragalus* sp. dere vejetasyonu: *Salix alba* L., *Populus nigra* Marshall, *Elaeagnus* sp. oluşturmaktadır (Öner vd. 2010, Anonim, 2011d).

## **3.2 Yöntem**

Çalışma büro (arazi çalışmaları için ön hazırlık), arazi (su örneklerinin alınması ve bir kısım analizlerin direk yerinde yapılması), laboratuvar (su örneklerinin analizi) ve son büro (istatistiki değerlendirme) çalışmaları olmak üzere dört aşamada yürütülmüştür.

### **3.2.1 Büro çalışmaları**

Arazi çalışmalarına başlamadan önce havzaların belirlenmesi için Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE)'ne ait akım gözlem istasyonlarının bulunduğu haritalar temin edilmiştir. Bu haritalar aracılığı ile en az 20

yıl ölçüm yapılmış günlük ortalama debilere sahip istasyonlar belirlenmiştir. Yapılan araştırmalar sonucu DSI'ye ait olan 15 – 098 Yuva İstasyonu ve 15 – 133 Tüney İstasyonunun bulunduğu Söğütözü Deresi Havzası ve Terme Çayı Havzası çalışma alanı olarak belirlenmiştir.

Araştırma alanına ait topografik haritalar ile meşcere tipi haritaları ve akım gözlem istasyonlarına ait günlük ortalama akım değerleri Orman ve Su İşleri Bakanlığı'ndan, jeoloji haritaları Maden Tetkik Arama Enstitüsü (MTA)'nden, toprak haritaları Çankırı İl Tarım Müdürlüğü'nden, iklim verileri Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiştir.

Tüm haritalar, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Havza Yönetimi Anabilim Dalı'nda bulunan ArcInfo 9.3.1 yazılımı yardımıyla sayısallaştırılmıştır. 1/25000 ölçekli topografik haritalardan elde edilen sayısal yükseklik modelinden; yükseklik, eğim, baki haritaları elde edilmiştir. Ayrıca, oluşturulan sayısal yükselti modelinden ArcHydro yazılımı ile havzalara ait drenaj ağı, dere uzunlukları ve althavzalar elde edilmiştir.

Verilerin elde edilmesi ile yapılan değerlendirmeler sonucunda akım gözlem istasyonlarının bulunduğu derelerden toplanacak su örneklerinin toplanma sıklığı araştırılmıştır.

### **3.2.2 Arazi çalışmaları**

Büro çalışmalarının sonucunda elde edilen ön bilgiler ve bunların değerlendirilmesi sonucu belirlenen havzalarda çalışmalar yürütülmüştür. Buna göre Nisan - Temmuz ayları arası dönemde her hafta su örnekleme yapılmıştır. Güneşin geliş açısı, dere kenarı vejetasyonunun yapacağı gölge etkisi gibi etkilerin tüm örneklemelelerdeki etkisini azaltmak için su örnekleme işlemleri her haftanın aynı gün ve aynı saatinde yapılmıştır.

Araştırma alanlarından su örnekleri 2011 yılının Nisan ayında alınmaya başlanmış ve aynı yılın Temmuz ayında sona erdirilmiştir.

Su örnekleri derelerden derinlik integrasyon metoduna göre alınmıştır. Bu yöntemle göre su örneğinin alınacağı kap sabit bir hızla yüzeyden tabana doğru indirilerek tüm kesitten ortalama bir konsantrasyonun alınması hedeflenmiştir (Teker 1985).

Su analizlerinden pH, sıcaklık, EC, tuz, çözünmüş oksijen ve bulanıklık tayinleri portatif cihazlarla arazide yapılmıştır.

### **3.2.2.1 pH ve Sıcaklık**

Toplanan su örneklerinin pH analizi, su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki pH4500-H<sup>+</sup> yöntemine göre belirlenmiştir. Sıcaklık da aynı probun yapmış olduğu ölçümle tespit edilmiştir (Clesceri vd. 1998).

### **3.2.2.2 Elektiriksel İletkenlik (EC) ve Tuz (TDS)**

Yöntem, elektriksel iletkenlik cihazı ile doğrudan ölçüme dayanmaktadır. Elektrik akımını ileten sulu çözelti davranışlarının sayısal bir ifadesi olan iletkenlik; ölçüm sıcaklığında iyonların mevcudiyetine, toplam konsantrasyonlarına, hareketliliğine ve değerliklerine bağlıdır. Bu çalışmada su örneklerinin analizi, su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki Conductivity 2510 yöntemine göre belirlenmiştir (Clesceri vd. 1998).

### **3.2.2.3 Çözünmüş Oksijen**

Çözünmüş oksijen, çoklu ölçüm cihazına (Multimetre) takılmış olan çözünmüş oksijen probuyla, atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 4510-B iodometrik yöntemine göre belirlenmiştir (Clesceri vd. 1998).

#### 3.2.2.4 Bulanıklık

Araştırma alanına götürülmüş olan portatif cihaz yarımıyla su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki Nefelometrik 2130-B yöntemine göre belirlenmiştir (Clesceri vd. 1998).

#### 3.2.2.5 Debi

Su örneklemelelerinin yapılması sırasında deredeki debinin hesabı genel debi formülü ile hesaplanmıştır. Genel debi formülü;

$$Q=A.V$$

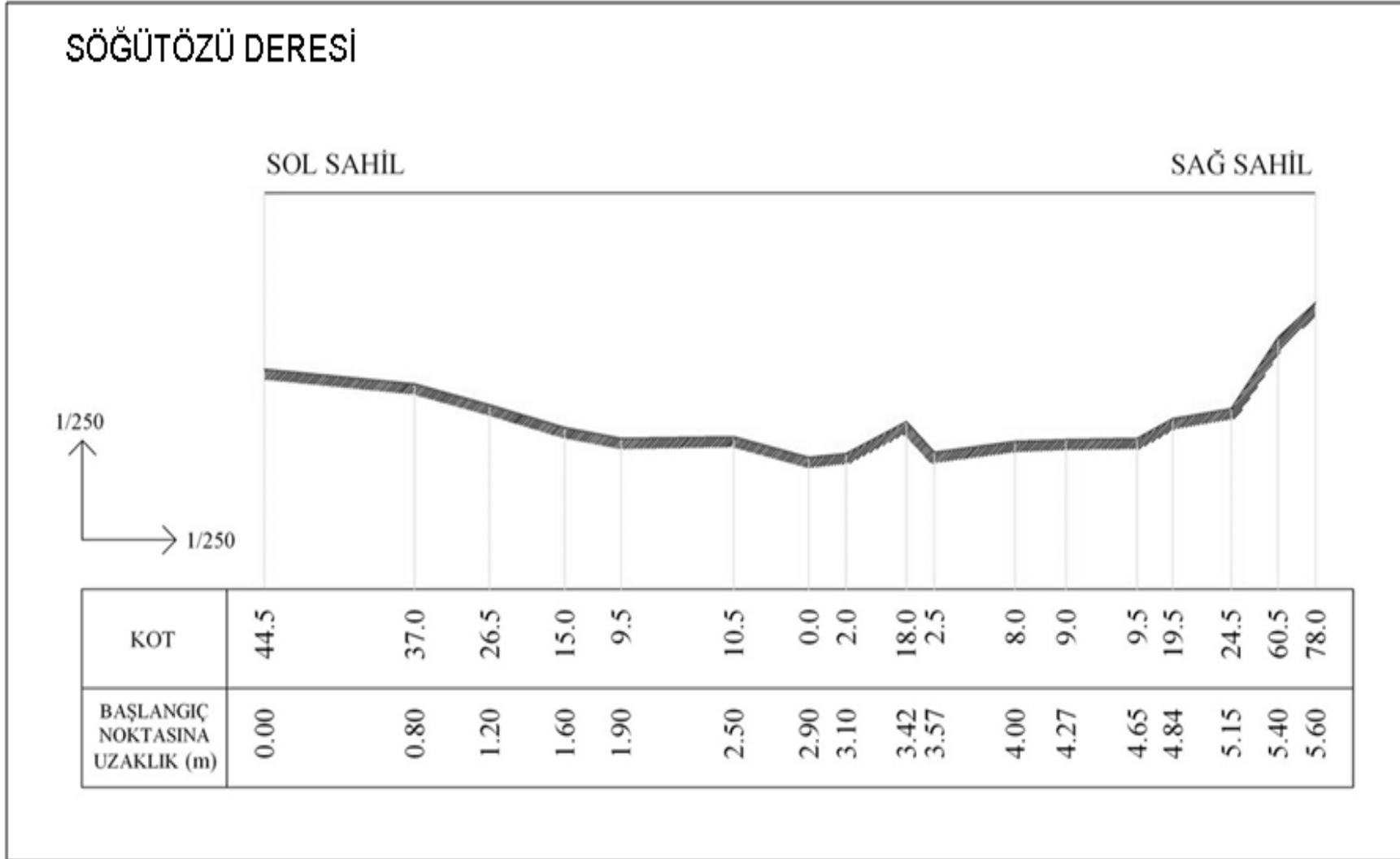
Formülde;

Q : Debi ( $m^3/sn$ )

A : Enine Kesitin Alanı ( $m^2$ )

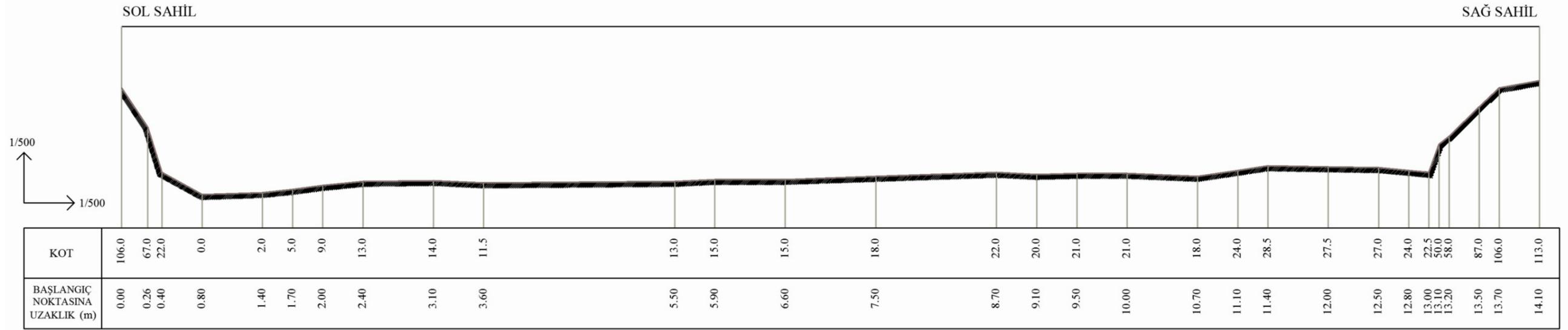
V : Suyun Hızı ( $m/sn$ )

Derelerin enine kesit alanının belirlenmesi için nivelman ve jalonlar yarımıyla arazide ölçümler yapılmıştır. Büroda derelere ait enine kesitler AutoCAD 2012paket programı yardımıyla oluşturulmuş (Şekil 3.1, Şekil 3.2) ve debi hesaplamasında gerekli olan enine kesit alanları hesaplanmıştır.



Şekil 3.13 Sögütözü Deresi Havzası su örnekleme noktasının enkesiti

## TERME ÇAYI



Şekil 3.14 Terme Çayı Havzası su örnekleme noktasının enkesiti



Su örneklemeleri esnasında Cüce Muline ile deredeki akıma ait hız (m/sn) belirlenmiştir. Bu yöntemde mulinenin ucunda bulunan pervanenin birim zamanda yapmış olduğu tur sayısına göre hız hesaplanmaktadır. Dere enkesitinin sabit bir noktasından her hafta suyun yüksekliği tespit edilmiş ve enine kesitte işaretlenerek oluşturulan alan, m<sup>2</sup> cinsinden belirlenmiştir. Bu iki değer çarpılması ile o istasyonun bulunduğu noktadaki ilgili haftaya ait debi belirlenmiştir.

### **3.2.3 Laboratuvar yöntemleri**

Araziden toplanan su örneklerinin alkalinite, toplam sertlik, kalsiyum, magnezyum, klorür, organik madde ve ortofosfat analizleri Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Havza Yönetimi Anabilim Dalı laboratuvarında yapılmıştır. Sodyum ve Potasyum analizleri Çankırı Tarım İl Müdürlüğü, Toprak-Bitki Analiz laboratuvarında, amonyum ve nitrat analizleri İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Havza Yönetimi Anabilim Dalı laboratuvarında yapılmıştır.

#### **3.2.3.1 Alkalinite**

Su örneklerinin alkalinite analizi, fenolftalein ve metiloranj alkalinitesi olmak üzere iki farklı şekilde yapılmıştır. Her iki alkalinite tayininde de su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 2320-B titrasyon yöntemine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz volümetrik yöntemle gerçekleştirilmiştir (Clesceri vd. 1998).

#### **3.2.3.2 Toplam Sertlik**

Toplam sertlik analizi, su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 2340-C EDTA titrimetrik yöntemine uygun olarak yapılmıştır (Clesceri vd. 1998).

#### **3.2.3.3 Kalsiyum**

Toplanan su örneklerinin kalsiyum analizleri su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 3500-Ca-B yöntemine uygun olarak yapılmıştır. Analiz,

volümetrik yöntemle gerçekleştirilmiş ve titrasyon işlemine göre kalsiyum belirlenmiştir (Clesceri vd. 1998).

#### **3.2.3.4 Magnezyum**

Magnezyum analizi, su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 3500-Mg-B yöntemine uygun olarak yapılmıştır. Analiz, volümetrik yöntemle gerçekleştirilmiş ve titrasyon işlemine göre magnezyum belirlenmiştir (Clesceri vd. 1998).

#### **3.2.3.5 Klorür**

Toplanan su örneklerinin klorür analizi su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 4500-Cl-B arjantometrik yöntemine uygun olarak yapılmıştır. Analiz, volümetrik yöntemle gerçekleştirilmiştir (Clesceri vd. 1998).

#### **3.2.3.6 Organik Madde (Permanganat İndeksi)**

Araştırmada, toplanan su örneklerinin permanganat indeksi analizi su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 4500-O D yöntemine uygun olarak yapılmıştır. Bu yönteminin esası su örneğinin belirli şartlarda permanganat (oksitleyici) ile muamelesinde harcanan permanganat iyonu miktarına eşdeğer oksijen kütle derişimidir. Analiz, volümetrik yöntemle gerçekleştirilmiş ve geri titrasyon işlemi ile organik madde miktarı belirlenmiştir (Clesceri vd. 1998).

#### **3.2.3.7 Sodyum**

Su örneklerini sodyum içeriklerinin belirlenmesinde su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 3500-Na-B Flame Emisyon Fotometrik yöntemine uygun olarak BWB Flame Fotometresi yardımıyla belirlenmiştir (Clesceri vd. 1998).

### **3.2.3.8 Potasyum**

Su örneklerini potasyum içeriklerinin belirlenmesinde su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 3500-K-B Flame Fotometrik yöntemine uygun olarak BWB Flame Fotometresi yardımıyla belirlenmiştir (Clesceri vd. 1998).

### **3.2.3.9 Amonyum**

Araştırmada, derelerden toplanan su örneklerinin amonyum analizi, su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 4500-NH<sub>4</sub>-D amonyum iyon selektif elektrot yöntemine uygun olarak yapılmıştır. Analizin yapılmasında manyetik karıştırıcı, ORION 720A+ iyonmetre, amonyum elektrodu, referans elektrodu ve genel laboratuvar malzemeleri kullanılmıştır (Clesceri vd. 1998).

### **3.2.3.10 Nitrat**

Su örneklerinin nitrat analizi, su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 4500-NO<sub>3</sub>-B yöntemine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Bu analizin yapılmasında genel laboratuvar malzemeleri ile manyetik karıştırıcı, ORION 720A+ iyonmetre, nitrat elektrodu kullanılmıştır (Clesceri vd. 1998).

### **3.2.3.11 Ortofosfat**

Araştırma alanlarından toplanan su örneklerinin ortofosfat analizi su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 4500-P-G yöntemine uygun olarak, Dr 5000 Hach Lange Spektrofotometresi ile yapılmıştır. Su örneklerinin içerisine, powder pillow testine göre, tampon çözeltisinin eklenmesinin ardından 5 dakika beklenmiş ve daha sonra 880 nm dalga boyunda okunarak elde edilmiştir (Clesceri vd. 1998).

## **3.2.4 Değerlendirme çalışmaları**

Araştırma sonuçları istatistikî yöntemler ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada, çeşitli su kalitesi parametreleri ile debi arasındaki istatistiksel ilişkilerin elde edilmesinde korelasyonanalizi kullanılmıştır. Özellikle veri sayısının 14 hafta ile sınırlanmış olması ile parametrik analizler için en az 30 veri koşulu sağlanamadığından, Non-parametrik Spearmanın Korelasyon Katsayısı kullanılmıştır.

Debi ile çeşitli su kalitesi parametreleri arasındaki istatistiksel ilişkilerin elde edilmesi için korelasyon analizinin yürütülmesinde, güven düzeyi %95 esas alınmıştır.

Tüm istatistiksel verilerin elde edilmesinde SPSS 15.0 adlı paket program kullanılmıştır.

#### **3.2.4.1 Trend Analizi**

Trend, rastgele bir değişkenin değerlerinde zamana bağlı olarak herhangi bir değişimin (azalma/artma) olmasıdır. Trendin incelenmesinde parametrik ya da parametrik olmayan çeşitli istatistik testler kullanılmaktadır. Söğütözü Deresi Havzası ve Terme Çayı Havzasına ait yıllık ortalama akımlarındaki trendin belirlenmesinde parametrik olmayan Mann Kendall testi uygulanmıştır. Bu test, toplumun rastgele değişkenlerinin dağılımından ve parametrelerinden bağımsızdır. Gözlemlerin kısa süreli, kesikli, düzensiz ve çarpık olması gibi olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak amacıyla Mann Kendall testi tercih edilmiştir (Yue ve Wang 2004).

##### *Mann-Kendall Testi*

Parametrik olmayan Mann-Kendall Testi hidrometeorolojik zaman serilerinde meydana gelebilecek artma veya azalma yönündeki değişimlerin istatistiksel önemini test etmede oldukça sık kullanılan bir testtir (Yue ve Wang 2002). Değişkenlerin dağılımından etkilenmemeleri ve dolayısıyla değişkenlerin değerleri yerine, büyüklük sırasının önemli olmasından dolayı en çok tercih edilen testlerden biridir (Cebe 2007).

Mann-Kendall Testinde sıfır ve karşıt hipotezler  $H_0$  ve  $H_1$ 'dir.  $H_0$  hipotezi seriye ait bir trendin olmadığını,  $H_1$  hipotezi ise trendin olduğunu belirtmektedir.

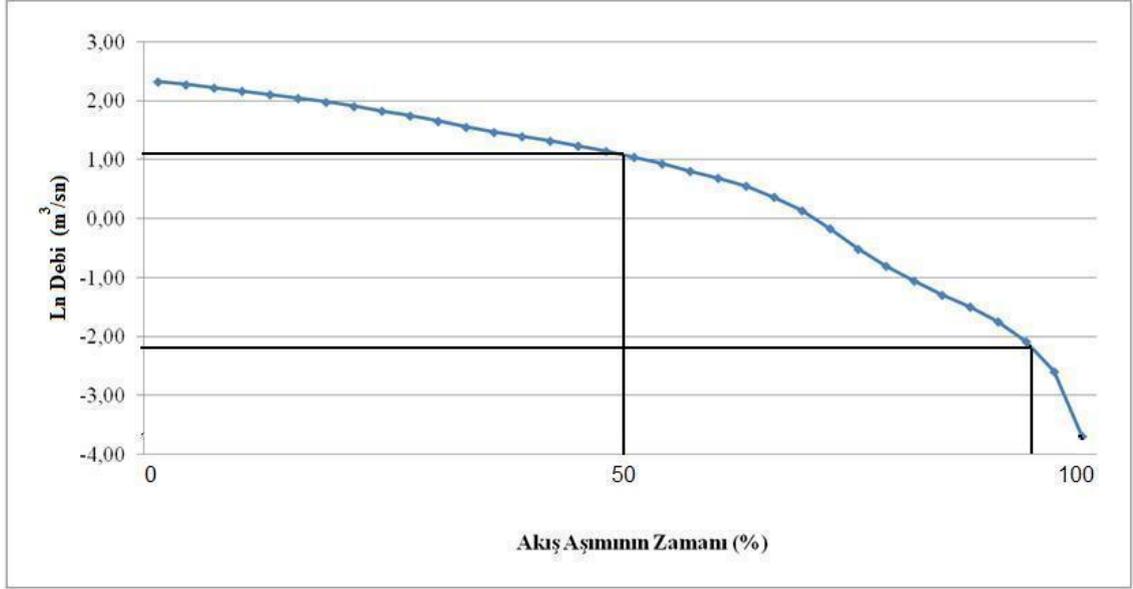
Mann- Kendall Testi  $H_0$  hipotezinin kabul ya da reddedilmesi esasına dayanır. Gözlenen değerlerde bir trendin olmadığı sonucuna varılması durumunda  $H_0$  hipotezi kabul edilmektedir. Gözlenen değerlerde bir trendin olması durumunda ise bu hipotez red edilmektedir. Hipotezin kabul veya reddedilmesinde anlamlılık düzeyi 0,05 (%5) olarak belirlenmiştir. Buna göre trendin olmadığı sonucuna varıldığı durumlarda, trendin bulunma olasılığı %5'tir (Cebe 2007).

#### **3.2.4.2 Düşük Akışların Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler**

Su kalitesini standardize etmede kullanılan düşük akış indeksleri ile akım gözlem istasyonlarından alınan veri setlerindeki akış seviyelerinin çevreye olan etkilerinin araştırılmasında; hidrolojik, hidrolik değerlendirme, habitat değerlendirme ve holistik metotlar en yaygın olarak kullanılan metotlardır (Pyrce, 2004).

Bu çalışmada hidrolojik metotlardan Q95, Q90, Q75, Q50 ve 7Q1, indeksleri kullanılmıştır.

Q95, Q90, Q75, Q50 düşük akım indisleri belirlenirken, her yıla ait günlük ortalama akım değerlerinden yararlanılmıştır. Akış süresi indislerinin hesaplanmasında her yıl için frekans tabloları hazırlanmıştır. Debilere ait sınıf aralıklarının orta değerlerinin  $\ln$  değerleri hesaplanarak y eksenine, her sınıf aralığına giren debi sayısının frekansından yararlanılarak hesaplanan kümülatif frekansların x eksenine yerleştirilmesi ile elde edilen grafikten ilgili indise ait değer saptanmaktadır (Şekil 3.3).



**Şekil 3.15**  $Q_t$  akış süreci indisine göre debinin belirlenmesi

Daha sonra x ekseninden belirlenen değerin doğal sayıya dönüştürülmesi ile o yıla ait derecede akması gereken minimum debi belirlenir. Örneğin Şekil 3.3' teki  $Q_{95}$  değerinin hesaplanmasında %95'lik akış sürecinin ln değeri  $-2.32 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir. Bu değerin doğal sayıya dönüştürülmesi ile  $Q_{95}$  değeri  $0.098 \text{ m}^3/\text{sn}$  olarak hesaplanır (Davie 2008).

$7Q_1$  düşük akım indisi belirlenirken, bir yıla ait debiler günlük ortalama akımlarından alınır. Daha sonra aynı yıl içerisinde yılın ilk gününden başlanarak birbirini takip eden 7 günlük akışların ortalamasıyla yeni debi miktarları elde edilir. Elde edilen değerlerden en küçük olan debi değeri o yıla ait derecede akması gereken minimum akış olarak tespit edilmiş olur (Davie 2008).

### 3.2.4.3 Coğrafi bilgi sistemleri (CBS)

Araştırma alanının fizyografik özellikleri, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamında değerlendirilmiştir. Eşyükselti eğrilerinin olduğu E0 paftaları ArcGIS 9.3.1 paket programında 3D analiz modülü kullanılarak sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırma yapılan topoğrafik harita üzerinde gerekli düzeltme işlemleri yapılarak sayısal arazi modeli haritası elde edilmiştir. Elde edilen bu sayısal arazi modeli haritası yardımıyla da eğim sınıfları haritası ve bakı haritası elde edilmiştir (Skop ve Loaiciga 1998).

Ayrıca havzalara ait drenaj ağı karakteristikleri belirlenirken ArcGIS 9.3.1 paket programının ArcHydro modülünden yararlanılmıştır. Daha önce hazırlanmış olan sayısal yükselti modelinin kullanılması ile havzalara ait dereler, en uzun dere, en kısa dere, alt havzalar gibi birçok hidrolojik karakteristik bu modül yardımıyla belirlenmiştir.

## **4. BULGULAR ve TARTIŞMA**

Bu çalışmada bulgular, havza karakteristikleri, debi ile su kalitesi parametreleri arasındaki ilişkiler ve düşük akışların trend analizi olarak üç bölümden oluşmaktadır.

### **4.1 Havza Karakteristikleri**

Söğütözü Deresi ile Terme Çayı Havzalarına ait havza karakteristiklerini; Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında elde edilen topoğrafik karakteristikler, relief ve eğim karakteristikleri, havza alanı büyüklüğü, akarsu ve drenaj ağı karakteristiği, drenaj yoğunluğu ve dere frekansı gibi karakteristikler oluşturmaktadır.

#### **4.1.1 Topografik karakteristikler**

##### **4.1.1.1 Havza alanı (Büyüklüğü)**

Bir akarsuyun su potansiyeli ve taşkın debileri havza alanı ile ifade edilen havza büyüklüğüne bağlıdır. Diğer koşullar aynı kaldığı durumda havza alanı büyüdükçe belirli bir yağıştan sonra ortaya çıkan toplam yüzey akışın kaybolması için daha uzun bir zamana gereksinim duyulacaktır. Lee (1980) havza alanı ile ortalama sediment verimi arasında bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Bu ilişkiye göre alanı 250–2500 km<sup>2</sup> arasında olan havzalarda yılda 4.8 m<sup>3</sup>/ha sediment oluşmaktadır.

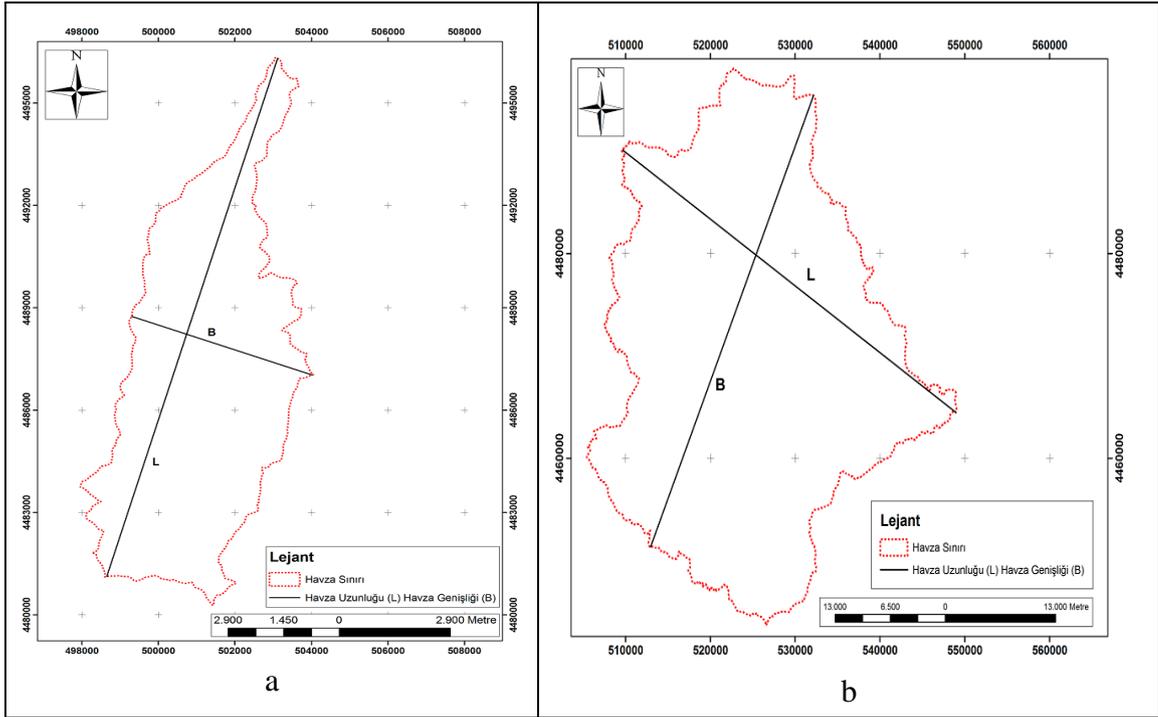
Söğütözü Deresi Havzasının alanı 48.28 km<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür. VidMann (1966) sınıflama sistemine göre Söğütözü Deresi Havzası “Büyük Havzalar (10–100 km<sup>2</sup>)” sınıfına girmektedir. Terme Çayı Havzası ise 1312.72 km<sup>2</sup> olarak ölçülmüş ve VidMann (1966) sınıflama sistemine göre “Çok Büyük Havzalar (>100 km<sup>2</sup>)” sınıfına girmektedir (Özhan 2004).

##### **4.1.1.2 Havza şekli**

Havza şekli suların havzayı terk etme süresini, drenaj sistemini ve hidrolojik özelliklerini doğrudan etkilemektedir. İnce ve uzun havzalarda suların boşalma süresi



daha uzun, sel ve taşkın olma tehlikesi daha azdır. Şekil üzerinde, bir havzanın uzunluğu (L) ve genişliği (B) ile gösterilir (Şekil 4.1). Söğütözü Deresi havzasının uzunluğu (L) 15.836 km, genişliği (B) ise 5.011 km olarak belirlenmiştir. Söğütözü Deresi Havzası ince ve uzun bir havza karakterine sahiptir. Terme Çayı Havzanın ise uzunluğu 46.945 km ve genişliği 48.946 km'dir.



Şekil 4.1 a) Söğütözü Deresi havzası şekli b) Terme Çayı Havzası şekli

#### 4.1.1.3 Form faktörü

Form faktörü, bir havzaya düşen yağışın derelere ulaşma hızını ve zamanını etkileyen bir havza karakteristiğidir. Havzanın ortalama genişliğinin havzanın uzunluğuna bölünmesi suretiyle elde edilir (Özhan 2004).

$$F = \frac{B}{L}$$

Formülde,

- F : Form faktörü
- B : Havza genişliği (km)
- L : Havza uzunluğu (km)

Söğütözü Deresi Havzasının form faktörü 0.32, Terme Çayı Havzasının form faktörü ise 1.04 olarak hesaplanmıştır.

Havzanın uzunluğu, havzadaki suların çıkış noktası ile havzanın kaynak tarafında sırtlarda bulunan en uzak nokta arasındaki yatay mesafe olarak hesap edilir. Herhangi bir havzanın form faktörü genelde 1'den küçük çıkmaktadır. Havzanın ortalama genişliği havzanın uzunluğuna eşit olduğunda form faktörü 1 olmaktadır. Havza genişliğinin uzunluğundan büyük olması halinde ise form faktörü 1'den büyük çıkmaktadır. Örneğin; küçük form faktörüne sahip havzalarda şiddetli bir yağışın havzadaki uzun eksenin (L) tamamını kapsama ihtimali, alanı aynı fakat büyük form faktörüne sahip olan bir havzaya nispetle daha azdır (Aydın 2009). Havza büyüklüğü ve buna bağlı olarak uzunluğu ve genişliği form faktörünü etkilemektedir. Havza form faktörü ise havzada sel ve taşkın olma tehlikesini etkilemektedir. Havza alanı ve form faktörü küçüldükçe sel ve taşkın tehlikesi de azalmaktadır.

#### 4.1.1.4 Şekil faktörü

Havza uzunluğunun karesinin havza alanına oranı ile hesaplanır (Özhan 2004).

$$\mathcal{S} = \frac{L^2}{A}$$

Formülde;

$\mathcal{S}$  : Şekil faktörü

A : Alan (km<sup>2</sup>)

L : Havza uzunluğu (km)'dur.

Söğütözü Deresi havzasının şekil faktörü 5.19, Terme Çayı Havzasının şekil faktörü ise 1.6 olarak hesaplanmıştır.

Bu faktör birden büyük bir değere sahiptir. Form faktörüne benzeyen bu özellik havza alanı ile uzunluğu arasındaki ilişkiye dayanmaktadır. Alan büyüdükçe şekil faktörü küçülmekte, uzunluk arttıkça yükselmektedir.

#### 4.1.1.5 Dairesellik oranı

Dairesellik oranı, havzaların şeklini saptamada kullanılmaktadır. Havzanın alanının havzanın çevre uzunluğuna sahip bir dairenin alanına bölünmesiyle hesaplanmaktadır (Özhan 2004).

$$R_c = \frac{4\pi A}{p^2}$$

Formülde;

$R_c$  : Dairesellik oranı

$A$  : Alan ( $\text{km}^2$ )

$P$  : Havza çevresi (km) olarak ifade edilmektedir.

Söğütözü Deresi havzasının dairesellik oranı 0,32 Terme Çayı havzasının dairesellik oranı 0.41 olarak hesaplanmıştır.

Hızal (1984)'a göre jeolojik yapı bakımından homojenlik gösteren küçük havzalarda bu oran, 0.6–0.7 arasında değişmekte ve havza şekilleri arasında büyük bir benzerlik görülmektedir. Buna karşılık, nispeten heterojen bir jeolojik yapıya sahip havzalarda bu oran daha uzun bir havza şeklini temsil ederek 0.4–0.5 arasında değişebilmektedir (Aydın 2009). Dairesellik oranı havzanın şeklinin kendi çevresine eşit bir daireye benzerlik oranı olarak da düşünülmektedir. Havza daireye ne kadar benzerse, havzanın genişlik ve uzunluk değerleri yaklaşmaktadır.

#### 4.1.1.6 Uzama oranı

Alanı havza alanına eşit bir dairenin çapının havza uzunluğuna oranı ile bulunur.

$$E = \frac{2\sqrt{A/\pi}}{L}$$

Formülde;

E : Uzama oranı

A : Havza alanı (km<sup>2</sup>)

L : Havza uzunluğu (km) olarak ifade edilmektedir.

Söğütözü Deresi havzasının uzama oranı 0,46 Terme Çayı havzasının uzama oranı ise 0,87 olarak hesaplanmıştır.

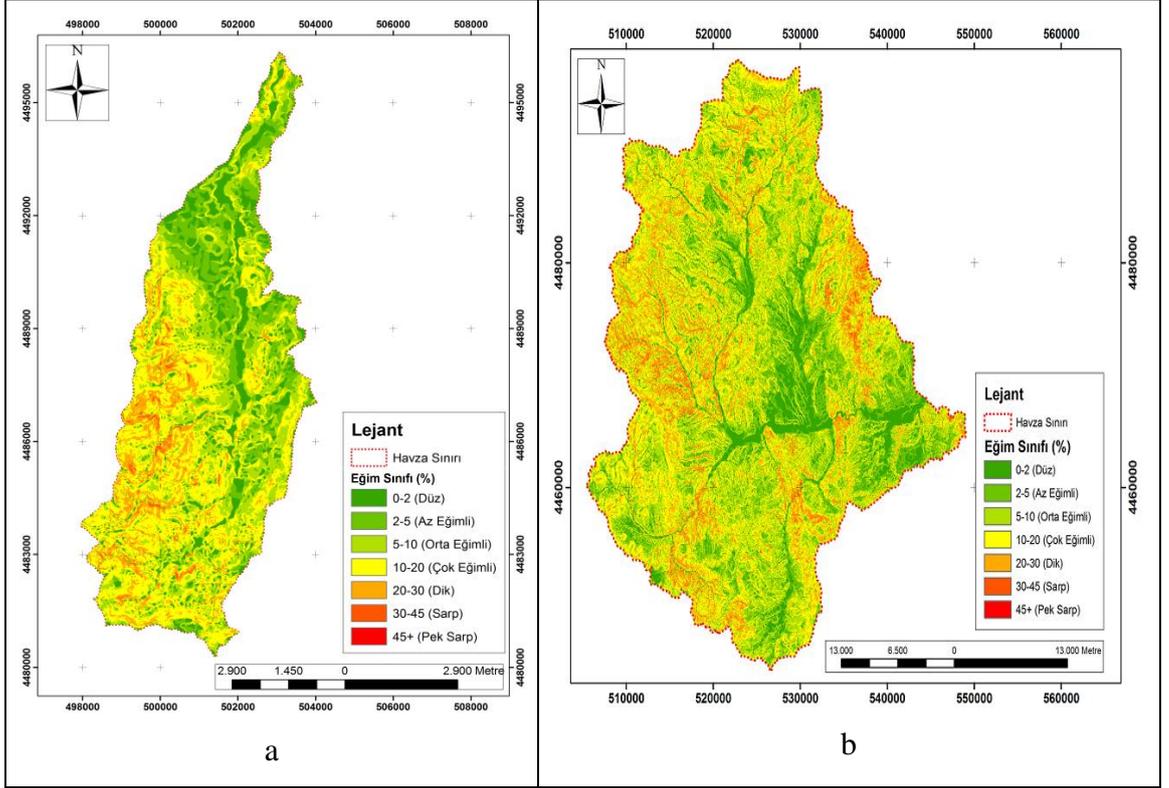
Hızal (1984)' a göre bu oran havzanın dar veya geniş olduğunu gösteren bir parametredir. Hızal (1984)'a göre Söğütözü Deresi havzası dar bir havza, Terme Çayı havzası ise geniş bir havzadır. Uzama oranı bire eşit veya birden küçük olup dağlık havzalarda küçük değerler alırlar. (Özhan 2004).

#### **4.1.1.7 Ortalama eğim**

Topografik özellikler içerisinde bulunan eğim, gerek hidrolojik gerekse su erozyonu bakımından büyük önem taşımaktadır. Havzanın ortalama eğimi ise yüzeysel akış oluşmasında ve dolayısıyla dere akımına ait hidrografın şekli ve pik akım oluşumunda önemli bir etkidir (Aydın 2009). Arazi eğimi, arazinin engebelilik derecesini ifade etmektedir.

Söğütözü Deresi havzasının ortalama eğimi % 10.46 olup, çok eğimli sınıfa girmektedir. Havzanın en yüksek eğimli bölgesinin ortalama eğimi % 47.63'dir. Havzanın yaklaşık % 60'ını orta eğimli ve çok eğimli alanlar oluşturmaktadır. Söğütözü Deresi havzasında pek sarp arazi, alanın % 0.01'lik kısmını kaplamaktadır (Şekil 4.2).

Terme Çayı havzasının ortalama eğimi % 11.13 olup, çok eğimli sınıfa girmektedir. Havzanın en yüksek eğimli bölgesinin ortalama eğimi % 62.10'dir. Havzanın yaklaşık % 57'sini orta eğimli ve çok eğimli alanlar oluşturmaktadır. Terme Çayı havzasında pek sarp arazi, alanın % 0.01'lik kısmını kaplamaktadır (Çizelge 4.1).



**Şekil 4.2** a) Söğütözü Deresi. havzası eğim sınıfları haritası b) Terme Çayı Havzası eğim sınıfları haritası

Arazi eğimi; erozyon, toprak derinliği, toprağın tekstürü, yüzeysel akış, arazi kullanım biçimi ve bitki örtüsü gibi birçok özelliği etkilediği için araştırılmıştır. Ayrıca arazi eğimi, arazi sınıflandırılmasında temel veri olarak kullanılmaktadır (Çepel 1995).

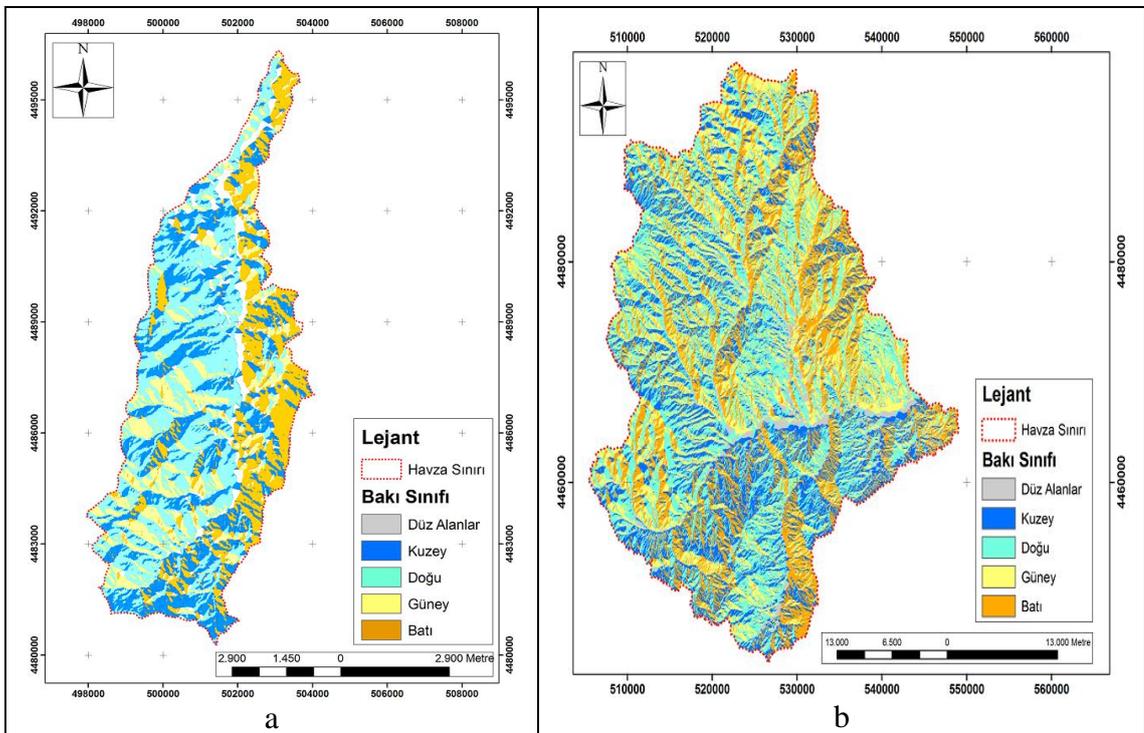
**Çizelge 4.1** Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzası eğim sınıflarının alansal dağılımı (ha,%)

Eğim sınıfları (%)	Söğütözü Deresi Havzası		Terme Çayı Havzası	
	Alan (ha)	Alan (%)	Alan (ha)	Alan (%)
Düz (0-2)	604.81	12.53	16503.68	12.57
Az eğimli(2-5)	694.46	14.39	16580.86	12.63
Orta eğimli(5-10)	1231.15	25.52	31303.67	23.85
Çok eğimli (10-20)	1707.96	35.40	45802.59	34.89
Dik (20-30)	532.09	11.03	17934.42	13.66
Sarp (30-45)	54.60	1.12	3127.73	2.39
Pek sarp (45+)	0.10	0.01	19.66	0.01
<b>Toplam</b>	<b>4825.17</b>	<b>100</b>	<b>131272.61</b>	<b>100</b>

Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarına ait eğim sınıfları haritalarında gösterilen eğim grupları Çepel (1995)'e göre sınıflandırılmıştır.

#### 4.1.1.8 Havzanın bakı durumu

Her iki havzanın da bakı haritaları oluşturulurken kuzey, güney, doğu ve batı yönleri ile düz alanlar dikkate alınmıştır (Şekil 4.3). Havza eğiminin yüksek olması ve arazi yapısının kırıklı olması nedeniyle ana yönler ve düz alanlar incelenmiştir.



Şekil 4.3 a) Söğütözü Deresi havzası bakı grupları haritası b) Terme Çayı havzası bakı grupları haritası

Çizelge 4.2' de Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarının bakı grupları, bu grupların alansal dağılımları ve alan içerisinde yüzde dağılımları gösterilmiştir. Her iki havzanın da eğimli ve kırıklı bir yapıda olması nedeniyle, alansal olarak en az alanı düz bölgeler oluşturmaktadır. Söğütözü Deresi havzasının genel bakışı kuzeydoğudur. Bunun yanında Terme Çayı havzasının genel bakışı ise güneydoğudur. Bir havzanın genel bakışı; su üretimi, bitki örtüsü çeşitliliği, buharlaşma, güneşlenme ve özellikle karların erime hızı ve zamanı açısından önemli bir etkidir.

**Çizelge 4.2** Söğütözü Deresi ve Terme Çayı Havzaları bakı grupları ve alansal dağılımları (ha,%)

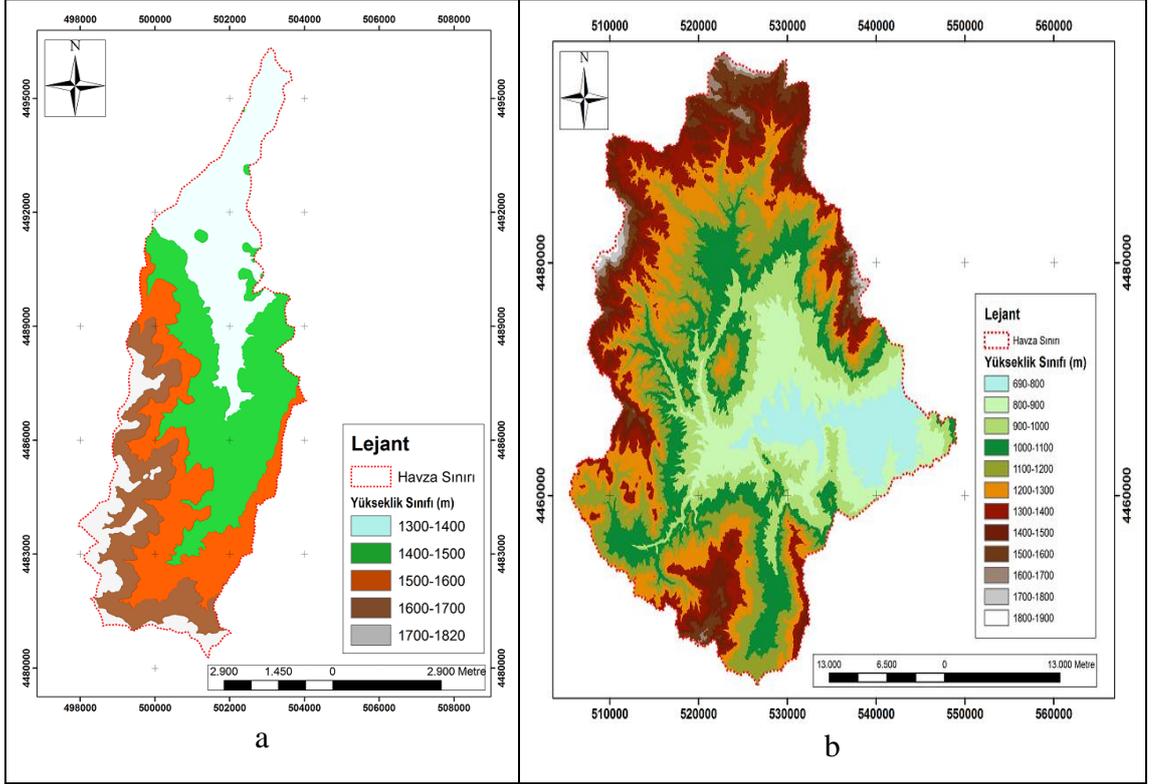
Bakı Grupları	Söğütözü Deresi Havzası		Terme Çayı Havzası	
	Alan (ha)	Alan (%)	Alan (ha)	Alan (%)
Düz alanlar	382.27	7.92	8736.36	6.66
Kuzey	1238.07	25.66	25900.37	19.73
Doğu	1538.40	31.88	35526.28	27.06
Güney	740.16	15.34	32773.27	24.97
Batı	926.27	19.20	28336.33	21.59
Toplam	4825.27	100	131272.61	100

#### 4.1.1.9 Ortalama yükseklik

Söğütözü Deresi havzasının ortalama yüksekliği 1506 m'dir. Havzanın ortalama yüksekliği Türkiye'nin ortalama yüksekliğinden (1130 m) yüksektir. Söğütözü Deresi havasının en yüksek noktası 1820 m, en düşük noktası ise 1300 m yükseltiye sahiptir (Şekil 4.4a).

Terme Çayı havzasının ortalama yüksekliği 1136 m'dir. Terme Çayı havzasının da ortalama yüksekliği, Türkiye'nin ortalama yüksekliğinden büyüktür. Terme Çayı havzasının en yüksek ve en alçak noktaları sırasıyla 1900 m ve 690 m'dir (Şekil 4.4b).

Ortalama yükseklik özellikle yağış miktarı ve türü üzerinde etkili olmaktadır. Diğer taraftan orman kuruluşu ve bitki örtüsü özellikleri yükselti ile doğrudan ilişkilidir.



**Şekil 4.4** a) Sögütözü Deresi havzasının ortalama yüksekliği b) Terme Çayı havzasının ortalama yüksekliği

#### 4.1.1.10 Maksimum havza reliyefi

Havzanın en yüksek ve en alçak noktaları arasındaki yükseklik farkıdır ve H ile gösterilir (Özhan 2004)

Sögütözü Deresi havzasının en yüksek noktası 1820 m, en alçak noktası ise 1300 m'dir. Buradan hareketle bu havzanın maksimum havza reliyefi (H) 520 m olarak bulunmuştur. Terme Çayı havzasının maksimum havza reliyefi ise 1210 m'dir. Havza reliyefi arttıkça havza yüzeysel sularının havzayı terk etme süresi kısalmakta, derelerde akan suyun hızı yükselmekte ve sel, taşkın ve erozyon tehlikesi artmaktadır. Buna göre Terme Çayı havzasında derede akan suyun hızı, sel, taşkın ve erozyon olma riski Sögütözü Deresi havzasına göre daha fazladır.



#### 4.1.1.11 Reliyef oranı

En yüksek ve en alçak iki nokta arasındaki yükseklik farkının (Maksimum havza reliyefi) ana derenin yatay uzunluğuna oranıdır (Özhan 2004).

$$R_h = \frac{H}{L}$$

Formülde;

$R_h$  : Reliyef oranı

$H$  : En yüksek ve en alçak nokta arasındaki yükseklik farkı (m)

$L$  : Ana derenin yatay uzunluğu (m)

Söğütözü Deresi havzasının reliyef oranı 0.027, Terme Çayı Havzasının reliyef oranı ise 0.017 olarak hesaplanmıştır.

#### 4.1.1.12 Oransal reliyef

Oransal reliyef havzanın maksimum reliyefinin ( $H$ ) havza çevresine oranı ile bulunmaktadır (Özhan 2004).

$$R_{ho} = \frac{H}{P}$$

Formülde;

$R_{ho}$  : Oransal reliyef

$H$  : En yüksek ve en alçak nokta arasındaki yükseklik farkı (m)

$P$  : Havzanın çevresi (m)

Söğütözü Deresi havzasının oransal reliyefi 0.012, Terme Çayı Havzasının oransal reliyefi ise 0.006 olarak hesaplanmıştır.

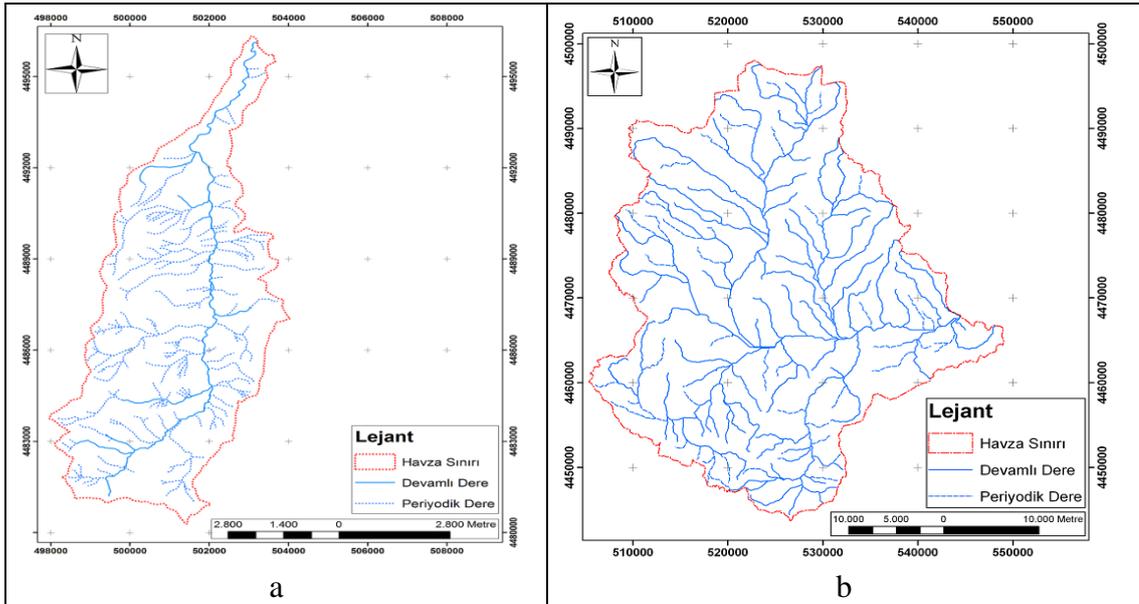
## 4.1.2 Akarsu ve drenaj ağı karakteristiği

### 4.1.2.1 Akarsu eğimi

Taşkın hesaplarında esas dikkate alınan eğim; havzanın ana dere eğimidir. Akarsuyun eğimi dere akış hızını doğrudan etkiler ve eğim arttıkça akış hızı da artar. Konsantrasyon zamanı ve pik akımlar da eğim tarafından etkilenmektedir (Özhan 2004). Bu karakteristik şu şekilde belirlenir:

Hammer and Kichen (1981)'e göre bu yöntemle akış gözlem istasyonundan (havza çıkış noktası) itibaren kaynak yönündeki toplam ana dere uzunluğu saptanır. Ana dere uzunluğunun % 10'u ile % 85'i harita üzerinde işaretlenerek elde edilen iki noktayı birleştiren doğrunun eğimi ana dere eğimi olarak adlandırılmaktadır. Bu yöntem Benson tarafından geliştirilmiştir (Aslan 2005).

Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarının ana dere eğimleri hesaplanırken Benson'un geliştirdiği yöntem dikkate alınmıştır. Benson yöntemine göre Söğütözü Deresi havzasının ana dere eğimi % 1.4 olarak, Terme Çayı havzasının ana dere eğimi ise % 2.6 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 a) Söğütözü Deresi Havzası drenaj deseni ve ana dere eğimi b) Terme Çayı Havzası drenaj deseni ve ana dere eğimi

Araştırmaya konu olan her iki havzanın da ana dere eğimleri oldukça düşüktür. Bu bağlamda her iki havzanın da akış hızları düşüktür.

#### 4.1.2.2 Dere sırası ve sayısı

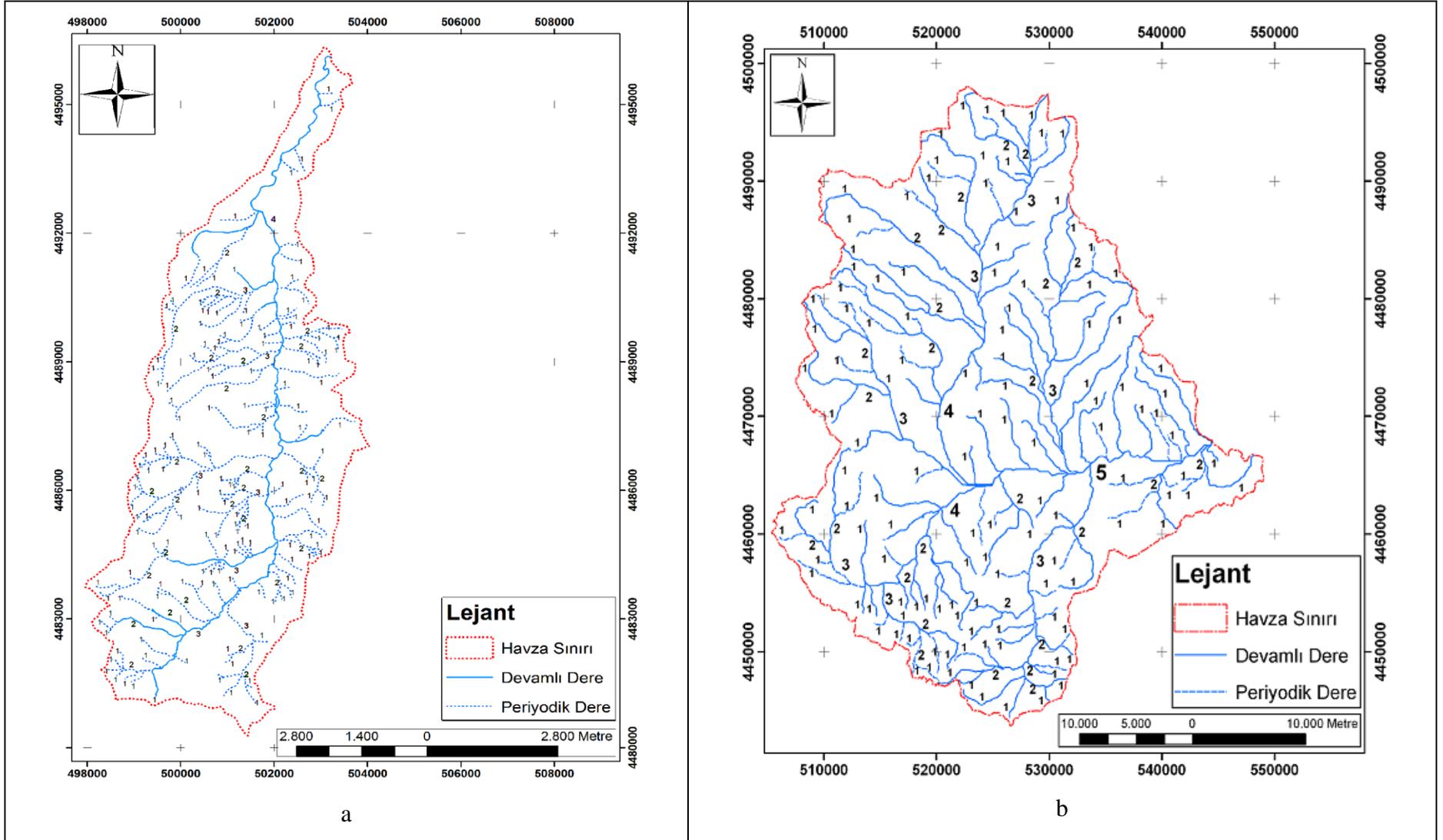
Havza içerisindeki akarsu kolları, büyüklüklerine bakarak, bir hiyerarşik düzene göre sıralanmaktadır. Bu sıralama ile 1'den başlayan dere sırası ( $N_s$ ) dizileri oluşturulmaktadır. Fakat bu dere sırası çeşitli araştırmacılar tarafından farklı şekillerde ifade edilmektedir. Söğütözü Deresi Havzası ve Terme Çayı Havzalarının dere sıralamaları yapılırken Strahler tarafından belirlenen yöntem kullanılmıştır. Bu yöntem göre yan kolu olmayan en küçük dereleri birinci sıra (1), iki derenin birleşmesinden sonra ikinci sıra (2), ikinci sıra derelerin birleşmesinden sonra üçüncü sıra (3), üçüncü sıra derelerin birleşmesinden sonra dördüncü sıra (4) şeklinde ifade etmiştir. Bu sıra daha ilerilere de gidebilmektedir (Şekil 4.6). Akarsuyun ana kolu en yüksek sıra numarasını almaktadır (Özhan 2004).

Söğütözü Dere havzasında devamlı ve periyodik derelerin toplam sayısı 184 olarak hesaplanmıştır. Terme Çayı havzasında toplam dere sayısı ise 180 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.3).

**Çizelge 4.3** Söğütözü Deresi ve Terme Çayı Havzalarına ait dere sıraları ve sayıları

Söğütözü Deresi Havzası		Terme Çayı Havzası	
Dere Sırası	Dere Sayısı	Dere Sırası	Dere Sayısı
No		No	
1	148	1	143
2	28	2	27
3	7	3	7
4	1	4	2
-	-	5	1

Dere sayısı; araştırma alanının jeolojik ve jeomorfolojik yapısı, toprak özellikleri, eğim durumu, çatallanma oranı ve drenaj durumu özellik kazanmaktadır. Dere sayısı arttıkça havzanın yüzeysel sularını boşaltma kapasitesi de artmaktadır.



Şekil 4.6 a) Söğütözü Deresi havzası dere sırası ve sayısı b) Terme Çayı Havzası dere sırası ve sayısı

#### 4.1.2.3 Drenaj yoğunluğu

Usul (2008)'e göre bir su toplama havzası için drenaj ağı, ana suyolunun su aldığı bütün yan kolların meydana getirdiği akarsu şebekesidir. Akarsu şebekesi su aldığı yan kollara göre derecelendirilmektedir (Aslan 2005). Drenaj yoğunluğu 1 km<sup>2</sup>'ye düşen ortalama akarsu uzunluğu olarak tanımlanmaktadır. Havza içinde su taşıyan tüm doğal kolların toplam uzunluğunun havza alanına bölünmesi ile elde edilmektedir (Özhan 2004).

$$D_d = \frac{L}{A}$$

Formülde;

$D_d$  : Drenaj yoğunluğu

$L$  : Devamlı ve periyodik derelerin toplam uzunluğu (km)

$A$  : Havza alanı (km<sup>2</sup>)'dir.

Buradan da anlaşıldığı gibi drenaj yoğunluğu, havzadaki birim alana isabet eden ortalama dere uzunluğunu ifade etmektedir (Aydın 2009).

Söğütözü Deresi havzasının devamlı ve periyodik derelerinin toplam uzunluğu 128.810 km olarak ölçülmüştür. Drenaj yoğunluğu ise 2.66 km/km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Terme Çayı havzasının toplam dere uzunluğu 880.380 km'dir. Havzanın Drenaj yoğunluğu 0.7 km/km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır.

Atalay (1986)'ya göre drenaj yoğunluğunun yüksek oluşu, iyi gelişmiş bir drenaj sistemini ve yüzeysel akışın daha az olduğunu gösterir. Sert ve erozyona karşı dayanıklı olan granit, kuvarsit, silis ve kum taşı gibi ana kayanın bulunduğu alanlarda düşük drenaj yoğunluğu gelişmekte, kolayca erozyona uğrayan kohezyonu düşük kumlu milli depolar üzerinde seyrek bitki örtüsü altında yüksek drenaj yoğunluğu görülmektedir (Özhan 2004).

Hızal (1984)'e göre genel olarak küçük drenaj yoğunluğu değerleri reliyefin alçak olduğu ve arazinin sık bir vejetasyonla kaplı bulunduğu havzalarda ve alt toprağın çok dayanıklı veya geçirgen olduğu bölgelerde görülmektedir. Buna karşılık büyük drenaj yoğunluğu değerleri ise daha ziyade dağlık ve vejetasyonun seyrek olduğu ve alt toprağın da dayanıksız veya geçirgenliğinin az olduğu yerlerde söz konusudur.

#### 4.1.2.4 Dere frekansı (sıklığı)

Dere frekansı yıl boyunca kurumayan toplam dere sayısının havzanın alanına bölünmesi ile elde edilmektedir.

$D_s = \frac{N_s}{A}$  formülü ile hesaplanmaktadır.

Formülde;

$D_s$  : dere frekansı (sıklığı)

$N_s$  : Yıl boyunca kurumayan toplam dere sayısı

$A$  : Havza alanı (km<sup>2</sup>)

Söğütözü Deresi havzasının dere frekansı 0.22 olarak hesaplanmış, Terme Çayı Havzasının ise 0.067 olarak hesaplanmıştır.

#### 4.1.2.5 Çatallanma oranı

Kantitatif jeomorfolojide akarsu ağı dereceli bir akarsu sistemi ile tanımlanmaktadır. Bir akarsu ağını karakterize eden en önemli büyüklük çatallanma oranıdır. Atalay (2006)'ya göre iklim ve ana kaya yeknasak olduğu takdirde akarsu gelişimi düzenli olmakta ve çatallanma oranı bir sıradan diğer bir sıraya doğru sabit bir değer göstermektedir (Özhan 2004).

$$R_B = \frac{Nn}{Nn + 1}$$

Formülde;

$R_B$  : Çatallanma oranı

$N_n$  : Bir yıl boyunca kurumayan toplam dere sayısı

$N_{n+1}$  : n+1. derecedeki derelerin sayısı

Söğütözü Deresi havzasının çatallanma oranı 5.43 olarak hesaplanmış, Terme Çayı Havzasının çatallanma oranı ise 3.67 olarak hesaplanmıştır.

#### **4.1.2.6 Drenaj dağılım tipi**

Bir akarsu şebekesi ana kayanın bileşimi ve tabakalaşma durumu zayıf direnç alanları ve yeni yer kabuğu hareketleri gibi çeşitli etkenlere bağlı olarak değişikliklere uğramak suretiyle gelişmektedir. Bunun sonucunda ise belirli nitelikler gösteren vadi şebekeleri veya drenaj tipleri ortaya çıkmaktadır. Bu tipler dendritic, rectangular, dik, tepelik veya volkanik arazide radial, centripetal, bileşik veya kıvrımlı tabaka üzerindeki zayıf hatlar boyunca trellised, paralel, annular ve deranged adları altında sınıflandırılabilir (Özhan 2004).

Araştırmaya konu olan her iki havzanın drenaj dağılım tipi dendritic olarak belirlenmiştir.

#### **4.1.3 Havza arazi kullanma durumu**

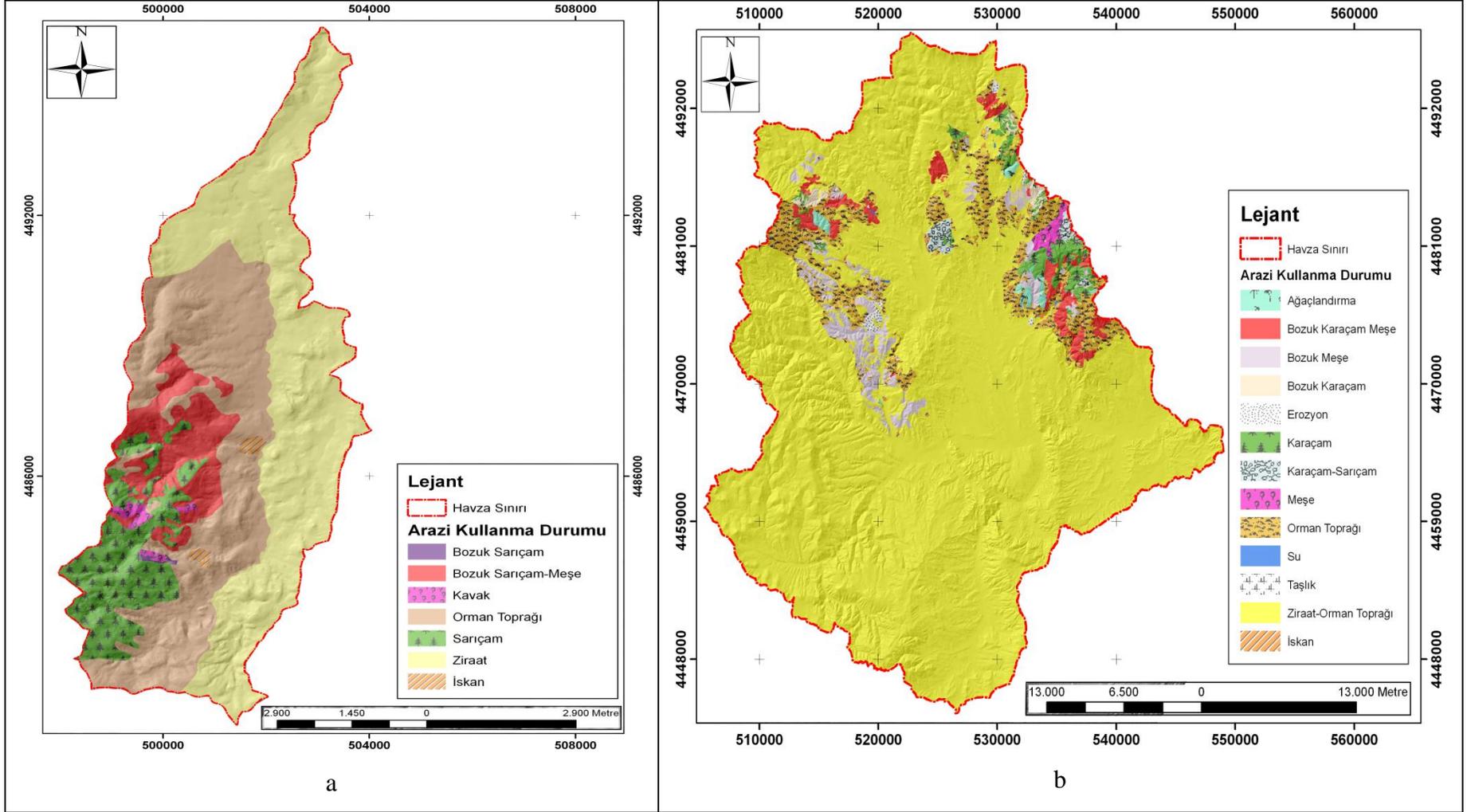
Arazi kullanım şekilleri ve bunların alansal dağılımları her havza için farklılıklar gösterir. Örneğin dağlık bölgelerde bazı havzalar tamamen orman örtüsüyle kaplı olduğu halde bir başka havza aynı anda yerleşim alanı, tarım, orman, mera, rekreasyon gibi çok değişik amaçlarla kullanılabilir. Bu kullanım şekillerinin bazıları da bir diğer kullanıma dönüşebilir. Bu nedenle havzalarda arazi kullanım şekilleri dinamik bir özellik taşımaktadır (Özhan 2004). Nitekim araştırma alanlarını oluşturan Söğütözü Deresi ve Terme Çayı Havzaları arazi kullanım şekilleri bakımından farklılıklar göstermektedir (Çizelge 4.3, Şekil 4.7).

**Çizelge 4.4** Söğütözü Deresi ve Terme Çayı Havzası arazi kullanım durumu (ha,%)

Arazi Kullanım Durumu	Söğütözü Deresi Havzası		Terme Çayı Havzası	
	Alan (ha)	Alan (%)	Alan (ha)	Alan (%)
Ağaçlandırma Alanı	-	-	573.52	0,44
Bozuk Orman	478.70	9.92	6723.78	5.12
Sarıçam	578.65	11.9	339.28	0.26
Karaçam	-	-	2550.72	1.94
Meşe	-	-	464.37	0.35
Kavak	38.75	0.80	-	-
Erozyon Alanı	-	-	375.81	0.29
Taşlık Alan	-	-	24.05	0.02
İskan	29.75	0.62	250.27	0.19
Orman Toprağı	1587.35	32.90	8583.86	6.54
Ziraat Alanı	2111.95	43.77	111355.44	84.83
Toplam	4825.17	100	131272.61	100

Her iki havzadaki arazi kullanma durumuna bakıldığında orman alanlarının az oluşu dikkati çekmektedir. Zira ormanlık alanlarda yer alan dereler ve göller gibi sulak alanlar çok önemli özelliklere sahiptir. Bu alanlar, farklı bitki ve hayvan türlerinin çeşitliliğini ihtiva etme, su kalitesi ve miktarının sürekliliğini sağlama, sediment kontrolü gibi pek çok hizmet sunmaktadırlar (Keleş 2003). Ziraat alanlarının yoğunluğu derelerdeki su kalitesini etkileyeceği gibi dere ekosisteminde yer alan makroomurgasız popülasyonunu ve çeşitliliğini önemli derecede etkilemektedir (Lenat ve Crawford 1994, Tafangenyasha ve Dzinomwa 2005).





Şekil 4.7 a) Söğütözü Deresi havzası arazi kullanma durumu b) Terme Çayı Havzası arazi kullanma durumu

## 4.2 Araştırma Alanındaki Debi ile Su Kalitesi Arasındaki İlişkiler

Geçmiş yıllara ait veriler SPSS 15.0 paket programında haftalık, 15 günlük ve aylık olmak üzere t testi ile değerlendirilmiştir. T testi sonucu su örnekleme sıklığı her iki havza için de haftalık olarak belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Söğütözü Deresi ve Terme Çayı Havzalarından alınan su örneklerinin fiziksel ve kimyasal analizleri sonucu elde edilen değerler ile ölçülen debi miktarları arasındaki ilişki Spearman Korelasyon Testi ile belirlenmiştir. Bu test sonucu Söğütözü Deresi Havzasında; debi ile fenolftalein alkalinitesi, toplam sertlik, kalsiyum, nitrat, bulanıklık, pH, ve tuz arasında anlamlı ilişkiler bulunmuştur. Terme Çayı Havzasında ise debi ile metiloranj alkalinitesi, orto fosfat, nitrat, bulanıklık, pH, sıcaklık, EC ve tuz parametreleri arasında anlamlı ilişkiler saptanmıştır (Çizelge 4.4).

**Çizelge 4.5** Debi ile Su Kalitesi Parametreleri Arasında Korelasyon Sonuçları

Değişkenler	Terme Çayı		Söğütözü Deresi	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
Fenolftalein Alkalinitesi	-0,186	0,543 (Ns)	-0,588	0,035 (*)
Metiloranj Alkalinitesi	-0,611	0,027 (*)	-0,171	0,577 (Ns)
Toplam Sertlik	-0,543	0,055 (Ns)	-0,626	0,022 (*)
Kalsiyum Sertliği	-0,297	0,324 (Ns)	-0,688	0,009 (**)
Magnezyum Sertliği	-0,160	0,602 (Ns)	-0,093	0,762 (Ns)
Klorür	-0,545	0,054 (Ns)	-0,315	0,294 (Ns)
Organik Madde	0,498	0,083 (Ns)	0,151	0,622 (Ns)
Ortofosfat	0,590	0,034 (*)	0,293	0,332 (Ns)
Amonyum	0,401	0,174 (Ns)	0,083	0,789 (Ns)
Nitrat	-0,758	0,003 (**)	-0,758	0,003 (**)
Sodyum	-0,016	0,957 (Ns)	-0,352	0,238 (Ns)
Potasyum	0,113	0,714 (Ns)	-0,234	0,441 (Ns)
Bulanıklık	0,560	0,046 (*)	0,757	0,003 (**)
pH	0,725	0,005 (**)	-0,571	0,041 (*)
Sıcaklık	-0,575	0,040 (*)	-0,451	0,122 (Ns)
Elektriksel İletkenlik	-0,736	0,004 (**)	-0,511	0,074 (Ns)
Çözünmüş Oksijen	0,022	0,943 (Ns)	-0,283	0,348 (Ns)
Tuz	-0,923	0,000 (**)	-0,736	0,004 (**)

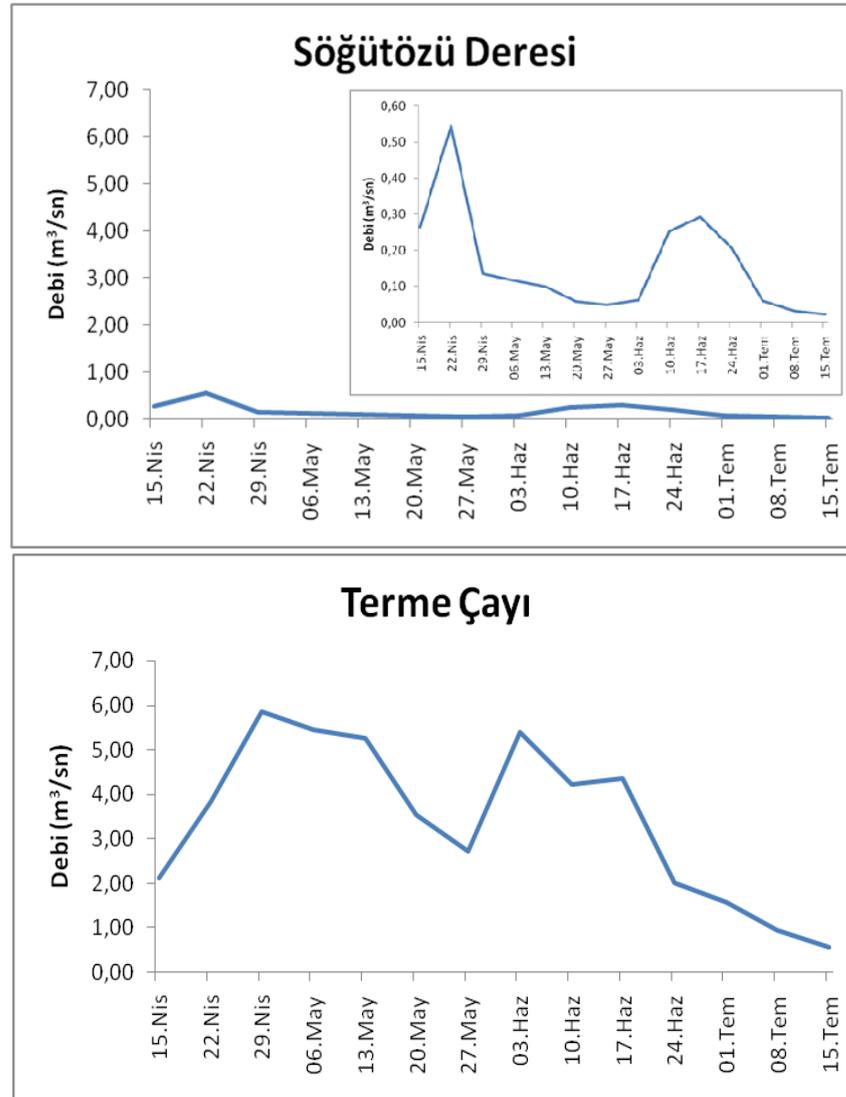
\* : % 5 önem düzeyinde değişkenler arasında ilişki bulunmaktadır.

\*\* : % 1 önem düzeyinde değişkenler arasında ilişki bulunmaktadır.

Ns : Değişkenler arasında ilişki bulunmamaktadır.

#### 4.2.1 Debinin araştırma süresi boyunca değişimi

Araştırma alanında Nisan – Temmuz ayları arasında yapılan ölçümler sonucu, debinin genel olarak bölgenin yağış miktarıyla doğru orantılı bir şekilde değiştiği tespit edilmiştir. Uzun yıllar ortalamasına göre her iki bölgede de yağış Nisan ayı sonunda maksimum, Temmuz ayında ise minimum değere ulaşmaktadır. Söğütözü Deresi Havzasında maksimum debi  $0.546 \text{ m}^3/\text{sn}$  ve Terme Çayı Havzasında maksimum debi  $5.855 \text{ m}^3/\text{sn}$ ' dir. Her iki havzada da debi miktarı Temmuz ayında minimum değere ulaşmaktadır. Söğütözü Deresi Havzasında minimum debi  $0.025 \text{ m}^3/\text{sn}$  ve Terme Çayı Havzasında minimum debi  $0.577 \text{ m}^3/\text{sn}$ ' dir (Şekil 4.8).

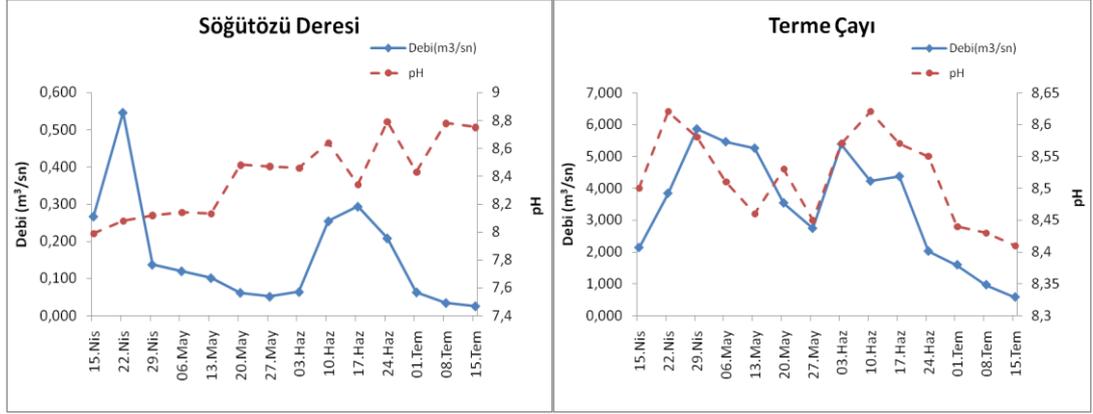


Şekil 4.8 Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında debinin değişimi

Terme ayı Havzasında debideki anlık değişimlerin Söğütözü Deresi Havzasına göre daha fazla olduğu görölmektedir. Her iki havzanın da karakteristiklerinin farklı olması bu durumun en temel sebeplerinden biridir. Nitekim Şorman (1975)'e atfen, Kızılırmak, Yeşilirmak ve Sakarya havzalarının 4. ve 5. düzeydeki kollarına ilişkin 47 havzada yağışların ve özellikle havza karakteristiklerinin akımlar üzerine etkisini araştırmış, yıllık ortalama debi ile havza çevresi, eğimi ve dairesellik oranı arasında oldukça yüksek bir ilişki bulmuştur (Bakır vd. 2008). Terme ayı Havzasının, havza çevresi, ortalama eğimi, dairesellik oranı Söğütözü Deresi Havzasına göre daha büyüktür. Dolayısıyla havzanın depolayabileceği su miktarı ve konsantrasyon süresi bu değerler ile doğrudan ilişkilidir.

#### **4.2.2 pH - debi ilişkisi**

Söğütözü Deresi Havzasında nisan ayından temmuz ayına ve doğal olarak kurak döneme gidildikçe pH'da genel olarak bir artış görölmektedir. Bunun aksine Terme ayı Havzasında zaman içerisinde değişken bir yapı gösteren pH, genel olarak debi ile aynı yönde artış ya da azalış göstermiştir (Şekil 4.9). Söğütözü Deresi Havzasında pH, Nisan ayında minimum (pH 7.99) ve Haziran ayında ise maksimum (pH 8.79) değerine ulaşırken, Terme ayı havzasında Temmuz ayında minimum (pH 8.41) ve Nisan ayında maksimum (pH 8.63) düzeye ulaşmıştır. Özellikle yağış grafikleri ve debi birlikte incelendiğinde yağışların etkisi ve kar erimleri ile sıcaklık derede akan suyun reaksiyon (pH) özelliğini etkilemektedir. Dere suyundaki reaksiyon, akuatik sistem, dere vejetasyonu ve suyun kullanım özelliklerini doğrudan etkileyebilmektedir. Özellikle içme suyu kullanımında su pH özelliği önemle dikkate alınmaktadır. Kırsal bölgelerde içme suyu ihtiyacını doğrudan dereden kullanım durumunda dikkatle incelenmelidir.



**Şekil 4.9** Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında pH'nın değişimi

Spearman Korelasyon Testi sonucu Söğütözü Deresi Havzasında debi ile pH arasında ilişki bulunmuştur ( $r = -0.571$ ;  $p < 0.05$ ). Terme Çayı Havzasında ise debi ile pH arasında tam tersi bir ilişki bulunmuştur ( $r = 0.725$ ;  $p < 0.01$ ). Gökbulak vd. (2007) İstanbul Belgrad Ormanlarında yaptıkları bir çalışmada aralama müdahaleleri ile pH arasında negatif yönlü bir ilişki ( $P < 0.001$ ) olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Kayın ormanı ile kaplı havzada %11'lik silvikültürel aralamanın ardından debideki değişimin pH'yı doğrudan etkilediğini belirtmişlerdir. Buna karşılık Kurunç vd. (2005) Yeşilirmak nehrindeki su kalitesine ait gözlemlene çalışmalarında pH ile debi arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığını belirtmişlerdir. Dolayısıyla havza büyüklerinin pH'nın debi ile arasındaki ilişkisini etkileyebileceği düşünülmektedir.

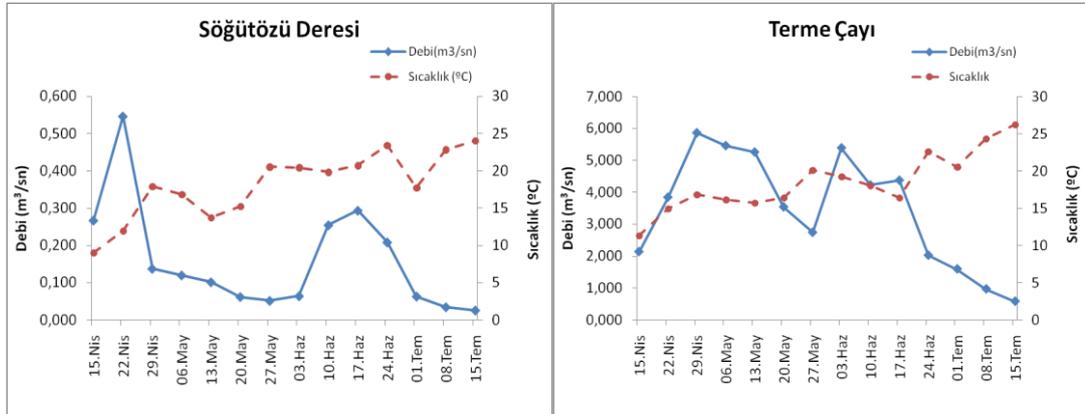
Türk Standartları Enstitüsü (TSE) TSE-266 numaralı içme suyu standartlarına göre pH 6.5 – 9.2 arasında yer almalıdır. Aynı parametre için bu değer Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) içme suyu standartlarına göre 6.5–8.8, ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) içme suyu standartlarına göre 6.5–8.5' tir (WHO 1993, Anonim 1997, EPA 1998). Tüm bu içme suyu standartları dikkate alındığında Söğütözü Deresi Havzasında, ölçüm zaman aralığında pH'nın TSE ve DSÖ içme suyu ölçütleri tarafından bir sorun teşkil etmediği saptanmıştır. Ancak Haziran ayının sonundan itibaren debinin düşmesi ile birlikte bu havzadaki suyun EPA içme suyu ölçütlerine göre kullanılamaz özellikte olduğu belirlenmiştir. Terme Çayı Havzasında ise pH ölçüm aralığı boyunca TSE ve DSÖ içme suyu ölçütlerine uygundur. Ancak EPA'ya göre sadece Temmuz ayından itibaren pH değerlerinin ölçütlere uygun olduğu belirlenmiştir (WHO 1993, Anonim 1991).

Ayrıca su kirliliği kontrol yönetmeliğine (Anonim 1991) göre Söğütözü Deresinde Haziran ayının sonuna kadar su kalitesi I. veya II. sınıfta yer almaktadır. Ancak Haziran ayından sonra bu deredeki su III. ve IV. sınıf su kalitesi özelliği taşımaktadır. Terme Çayında Temmuz ayına kadar su III. ve IV. sınıf özelliğindedir ve Temmuz ayından itibaren I. ve II. kalite sınıfında yer almaktadır.

#### 4.2.3 Sıcaklık – debi ilişkisi

Yüzey sularının sıcaklığı; coğrafi konum, yükseklik, mevsim, günün değişik saatleri, akarsu debisi, derinlik ve kirletici kaynaklardan karışan atık özelliklerine bağlı olarak değişmektedir.

Her iki havzada da su sıcaklığı Nisan ayında minimum ve Temmuz ayında maksimum değere ulaşmaktadır. Söğütözü Deresi Havzasında minimum su sıcaklığı 9°C ve maksimum su sıcaklığı 24°C olarak ölçülmüştür (Şekil 4.10). Terme Çayı Havzasında minimum değer 11.3°C ve maksimum değer 26.2°C olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.10 Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında su sıcaklığının değişimi

Ölçülen su sıcaklıkları, uzun yıllar sıcaklık ortalamasıyla paralellik göstermektedir. Nitekim uzun yıllar ortalamasına bakıldığında, her iki havza için ölçüm periyodu içerisinde (Nisan-Temmuz) en yüksek sıcaklık Temmuz ayında, en düşük sıcaklık Nisan ayındadır. Su sıcaklığı temel olarak dereye yaşayan canlılar için önem taşımaktadır. Balıkların yaşayabildikleri belirli su sıcaklığı değerleri bulunmaktadır. Düşük akış

döneminde debideki büyük ve ani yükselme veya düşüşler (gün içerisinde  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ' lik değişimler) canlı yaşamını tehlikeye sokabilecektir (Göksu 2003).

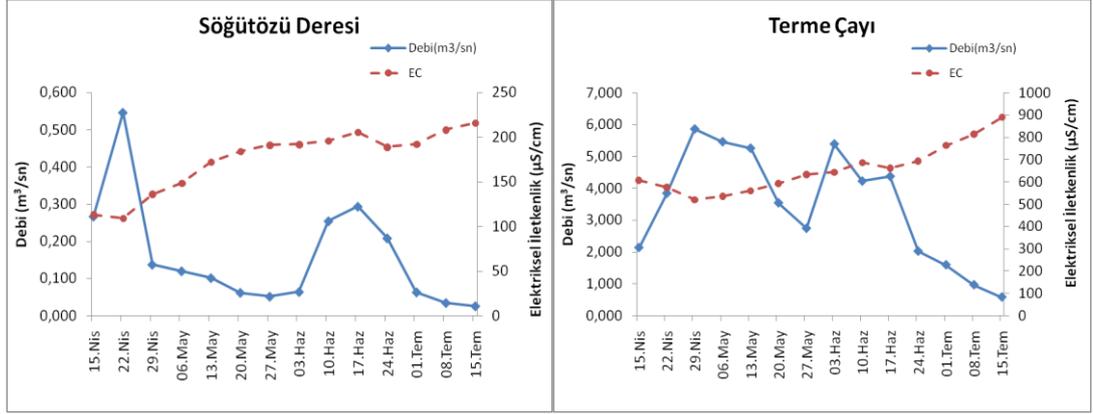
Yapılan Spearman Korelasyon Testi ile yalnızca Terme Çayı Havzasında debi ile sıcaklık arasında bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır ( $r = -0.575$ ,  $p < 0.05$ ). İki havzanın büyüklüklerinin ve şekillerinin farklı olması, yüzeysel suyun havzayı terk etme süresini doğrudan etkilemektedir. Kış aylarında yağın eriyerek havzayı terk etmesi havzanın büyüklüğü, şekli, form faktörü, drenaj ağı karakteristiklerine bağlıdır.

Söğütözü Deresi havzasının dar ve uzun bir şekle sahip olması, suyun havzayı terk etmesi bakımından Terme Çayı havzasına göre daha hızlıdır. Dolayısıyla su sıcaklığının değişimi çok daha kısa sürede olmaktadır. Su sıcaklığının artışının çözülmüş oksijen miktarında farklılıklar oluşturduğu belirtilmektedir (Safonov ve Kovalenko 1993). Dolayısıyla su sıcaklığının dolaylı etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır.

Su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre her iki havzada da, sıcaklık bakımından su I. ve II. kalite sınıfındadır (Anonim 1991).

#### **4.2.4 Elektriksel iletkenlik – debi ilişkisi**

Suların elektriksel iletkenliği, iyonların sudaki toplam derişimine ve sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklık artışı ile suların elektriksel iyonların derişimi artacağından elektriksel iletkenlik de artmaktadır. Araştırma süresince derelerdeki yüzey sularının elektriksel iletkenliğinin genel olarak arttığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.11). Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında elektriksel iletkenlik, Nisan ayında minimum (Söğütözü Deresi havzası: 113  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , Terme Çayı havzası: 521  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) ve Temmuz ayında maksimum (Söğütözü Deresi havzası: 215.6  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , Terme Çayı havzası: 888  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) değerine ulaşmaktadır.



Şekil 4.11 Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında elektriksel iletkenliğin değişimi

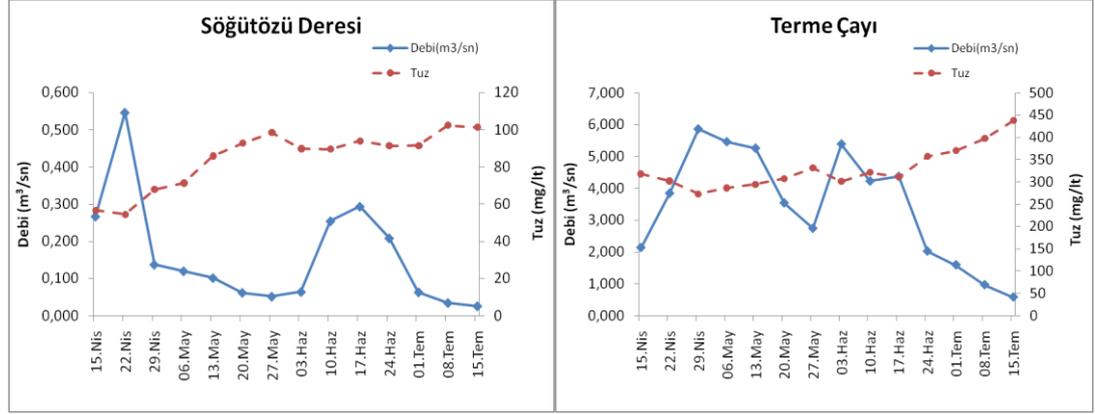
Ölçüm zamanına bağlı olarak yapılan Spearman Korelasyon Testi sonucu, Terme Çayı Havzasında debi ile elektriksel iletkenlik arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir ( $r = -0.736$ ,  $p < 0.01$ ). Su sıcaklığının Söğütözü Deresi havzasına göre daha esnek ve kararlı bir biçimde değişimi bu ilişkinin güçlülüğünü arttırabilmektedir.

Her iki havzanında suyu ölçüm zamanı içerisinde Sağlık Bakanlığı, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik değerlerine göre uygun özelliktedir (Anonim 2005).

#### 4.2.5 Tuz içeriği – debi ilişkisi

Her iki havzada genel olarak debideki azalmaya karşın tuz içeriğinde bir artış gözlemlenmiştir (Şekil 4.12). Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzasında tuz içeriği, Nisan ayında minimum (Söğütözü Deresi havzası: 54.4 mg/lt, Terme Çayı havzası: 273 mg/lt) ve Temmuz ayında ise maksimum (Söğütözü Deresi havzası: 102.3 mg/lt, Terme Çayı havzası: 437 mg/lt) düzeye ulaştığı tespit edilmiştir.





Şekil 4.12 Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında tuz içeriğinin değişimi

Uygulanan Spearman Korelasyon Testi sonucu Söğütözü Deresi Havzasında ( $r = -0.736$ ,  $p < 0.01$ ) ve Terme Çayı Havzasında ( $r = -0.923$ ,  $p < 0.01$ ) debi ile tuz içeriği arasında güçlü bir ilişki saptanmıştır. Yapılan diğer benzer çalışmalarda da tuz içeriğinin debi ile olan güçlü ilişkileri saptanmıştır. Kubo vd. (2006) Çin'in Mekong deresinde yapmış oldukları çalışmada tuz içeriğinin debi ve su hızı ile direkt ilişkili olduğunu, hız ve debinin azalması durumunda tuz içeriğinin maksimuma ulaştığını belirtmişlerdir. Nitekim debi ile tuz arasındaki bu güçlü ilişki birçok modelleme çalışmasına konu olmuştur (Sierra vd. 2004; Liua vd. 2007).

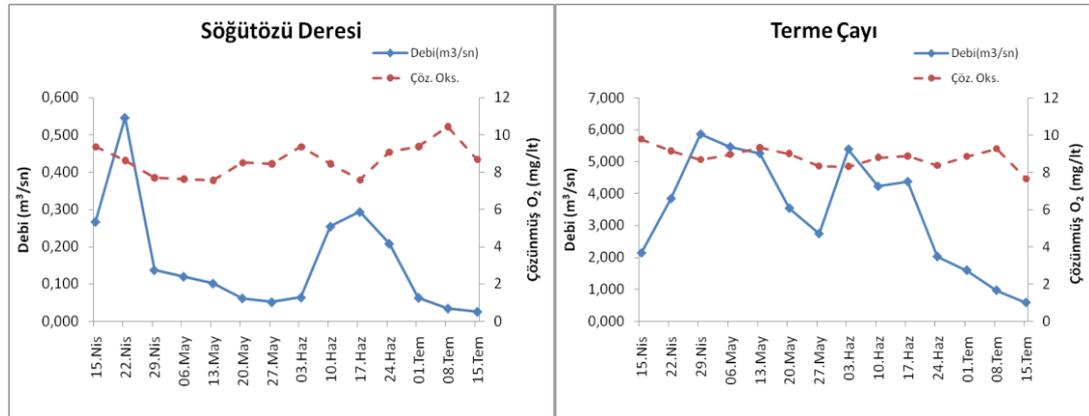
TSE içme suyu standartlarına göre tuz (TDS) maksimum 1500 mg/lt, Dünya Sağlık Örgütü içme suyu standartlarına göre maksimum 1000 mg/lt ve Amerika Çevre Ajansı'na göre maksimum 500 mg/lt'yi aşmamalıdır. Her iki havzada da ölçüm aralığı zamanında ölçülen tuz değerleri tüm bu ölçütlere uygundur (Anonim 1997, EPA 1998).

#### 4.2.6 Çözünmüş oksijen – debi arasındaki ilişki

Suda çözünmüş oksijenin varlığı, sucul hayatın devamı ve suyun kalitesi açısından temel öneme sahiptir. Çözünmüş oksijen miktarı sıcaklık ve tuz oranı gibi bazı fiziksel şartlara bağlıdır. Bu iki değer artması sonucu çözünmüş oksijen miktarı azalmaktadır (Davie 2008). Nitekim her iki havzada da tuz içeriğinin maksimum değere ulaştığı Temmuz ayında çözünmüş oksijen miktarında bir azalma görülmektedir (Şekil 4.13). Söğütözü Deresi Havzasında çözünmüş oksijen miktarının, Mayıs ayında minimum (7.56 mg/lt) ve Temmuz ayında maksimum (10.43 mg/lt) değerine ulaştığı tespit

edilmiştir. Terme Çayı havzasında ise Temmuz ayında minimum (7.64 mg/lt) ve Nisan ayında maksimum (9.76 mg/lt) değere ulaştığı belirlenmiştir.

Genel olarak Temmuz ayında sıcaklığın ve tuz içeriğinin artmasına rağmen çözülmüş oksijen miktarının azalmadığı tespit edilmiştir. Bazı fotosentetik bitki ve organizmalar ile (örneğin yeşil su yosunu), bazı algler ve planktonların fotosentez yoluyla çözülmüş oksijen miktarını arttırabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.13 Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında çözülmüş oksijenin değişimi

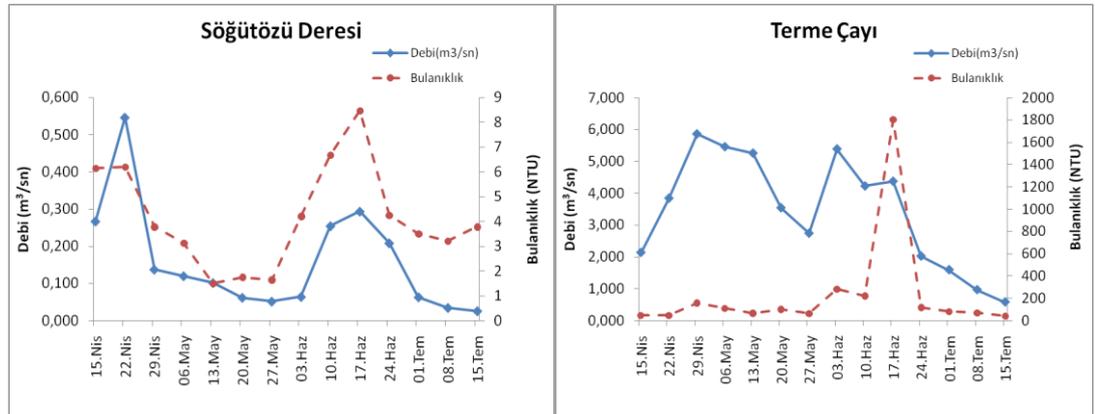
Yapılan Spearman Korelasyon Testi sonucu her iki havzada da debi ile çözülmüş oksijen arasında bir ilişki bulunamamıştır. Igbinosa ve Okoh (2009) Güney Afrikadaki çalışmalarında mevsimsel olarak su kalitesindeki bazı fiziko-kimyasal parametrelerin değişimini gözlemlemişlerdir. Çalışma sonucunda çözülmüş oksijenin ancak mevsimsel olarak değişiminin istatistiki açıdan önemli olduğunu belirtmişlerdir. Dolayısıyla araştırmada daha uzun süreli ölçümlerin ve gözlemlerin sonucunda debi ile çözülmüş oksijen arasında bir ilişki tespit edilebilir.

Her iki havzanında suyu ölçüm zamanı içerisinde çözülmüş oksijen miktarı Sağlık Bakanlığı, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik değerlerine göre uygun özelliktedir (Anonim 2005).

#### 4.2.7 Bulanıklık – debi arasındaki ilişki

Bulanıklık sulara asılı (süspans) halde bulunan maddelerin miktarını belirten bir ölçü olarak tanımlanmaktadır.

Söğütözü Deresi Havzasında bulanıklığın, Mayıs ayında minimum (1.5 NTU) ve Haziran ayında maksimum (8.46 NTU) değerine ulaştığı belirlenmiştir. Terme Çayı havzasında bulanıklık, Temmuz ayında minimum (39.8 NTU) ve Haziran ayında maksimum (1800 NTU, debi: 4.37 m<sup>3</sup>/sn) değerinde ölçülmüştür (Şekil 4.14). Haziran ayında ölçülmüş olan bulanıklık değeri aynı tarihteki debinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda arazi yapısının büyük bir çoğunluğunun orman olmaması (Söğütözü Deresi %72, Terme Çayı %91) yüksek debinin fazla miktarda sediment taşımaya neden olmuştur.



Şekil 4.14 Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında bulanıklığın değişimi

Munsuz ve Ünver (1995) ani yağışların ardından deredeki suyun bulanıklığının değiştiğini ve özellikle bu değişimde suya karışan sedimentin kil ve toz içeriğinin bulanıklık üzerinde doğrudan etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Aynı biçimde Susfalk vd. (2008) özellikle kar erimelerinin ardından debi ile birlikte bulanıklığın arttığını belirtmişlerdir. Bulanıklığın artması dere ekosisteminde yer alan balıkların yumurtlama yerleri ile birçok omurgasız canlıların yaşam alanlarını olumsuz etkilemektedir. Aynı zamanda bulanıklığın artması ekosistemde sıklıkla ötrofikasyon, mekra erozyonu gibi diğer etkilerinin olduğunu göstermektedir (Jones vd. 2002).

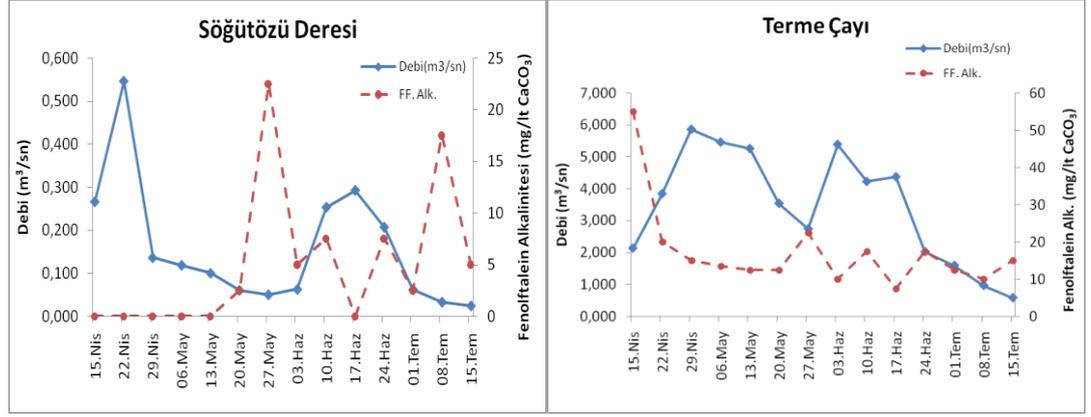
Yapılan ölçümlere göre her iki havzada da debi ile bulanıklık arasında ters yönlü ilişki bulunmuştur. Ancak Söğütözü Deresi Havzasındaki ilişki ( $r= 0.757$ ,  $p<0.01$ ) Terme Çayı Havzasındaki ilişkiye göre ( $r= 0.560$ ,  $p<0.05$ ) daha anlamlı bir ilişki göstermiştir. İki havzanın karakteristiklerinin farklı olması anlamsal farklılıklara sebep olmaktadır. Nitekim Rak vd. (2010) Malezyadaki araştırmalarında seçmiş oldukları üç havzadaki debi ile bulanıklık arasındaki ilişkinin aynı şekilde olmadığını belirtmişlerdir. Ancak tüm havzalar için bir değerlendirme yapıldığında debi miktarındaki artışın bulanıklığı arttırdığını tespit etmişlerdir.

Her iki havzadaki suyun bulanıklık değerleri ölçüm zamanı içerisinde Sağlık Bakanlığı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik değerlerine göre uygun özellikte değildir (Anonim 2005). Ancak TSE 266 nolu içme suyu standartlarına göre Söğütözü Deresi havzasında bulanıklık değeri bir sorun teşkil etmemektedir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) ve Amerika Çevre Ajansı'na (EPA) göre ise, debinin azaldığı dönemlerde (Mayıs-Temmuz) Söğütözü Deresi havzasında bulanıklık azalmakta ve bu içme suyu standartlarına uymaktadır (WHO 1993, EPA 1998). Terme Çayı havzasında ise ölçüm zamanında tespit edilen bulanıklık değerleri TSE 266, DSÖ ve EPA içme suyu standartlarına uymamaktadır (Anonim 1997).

#### **4.2.8 Fenolftalein alkalinitesi – debi arasındaki ilişki**

Suyun içerdiği hidroksit, karbonat ve bikarbonat iyonları suyun alkalinitesini oluşturmaktadır. Karbonattan dolayı oluşan alkalinite fenolftalein indikatörü ile belirlenmektedir ve genellikle sanayi atıkları, maden sahaları atıkları gibi kirleticilerin karıştığı sularda ortaya çıkmaktadır (Davie 2008). Fenolftalein alkalinitesi pH'nın 8.3 ve üzeri olduğu durumlarda görülmektedir (Yalçın ve Gürü 2002).

Söğütözü Deresi Havzasında fenolftalein alkalinitesi, Nisan ayı ve Mayıs ayının ortalarına kadar minimum (0 mg/l), Mayıs ayının sonunda ise maksimum (22.5 mg/l) değerine ulaştığı belirlenmiştir. Terme Çayı havzasında Mayıs ayında minimum (7.5 mg/l) ve Nisan ayında maksimum (55 mg/l) düzeye ulaştığı saptanmıştır (Şekil 4.15).



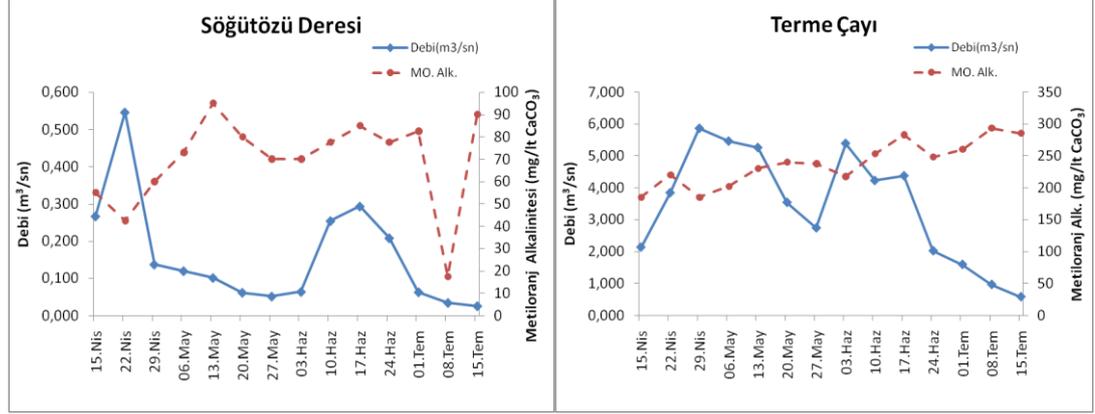
Şekil 4.15 Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında fenolftalein alkalinitesinin değişimi

Spearman Korelasyon Testi sonucu, Söğütözü Deresi Havzasında debi ile fenolftalein alkalinitesi arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur ( $r = -0.588$ ,  $p < 0.05$ ). Yeşilirmak havzasında yapılan bir çalışmada Kurunç vd. (2005) debi ile fenolftalein alkalinitesi arasında benzer ilişkiyi tespit etmişlerdir. Söğütözü Deresi Havzasında alkalinitenin temel kaynağı, bölgenin jeolojik yapısının andezit anakayası olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Andezit anakayasından çözünen katı maddenin kalsiyumca zengin olması, sudaki alkalilik derecesini arttırmaktadır (Göksu 2003).

#### 4.2.9 Metiloranj alkalinitesi – debi arasındaki ilişki

Toplam alkaliniteyi oluşturan bir diğer alkalinite de bikarbonat iyonlarından kaynaklanmaktadır ve metiloranj indikatörü ile belirlenmektedir. Sularda denge halinde bulunan fenolftalein ve metiloranj alkalinitesi pH'nın azalıp artmasına göre değişmektedir. pH düştükçe denge bikarbonat (metiloranj) alkalinitesi lehine gelişir. Metiloranj alkalinitesi genel olarak doğal sularda gözlemlenen bir alkalinitedir (Yalçın ve Gürü 2002).

Söğütözü Deresi Havzasında metiloranj alkalinitesi, Temmuz ayında minimum (17.5 mg/lit), Mayıs ayında ise maksimum (95 mg/lit) olarak ölçülmüştür, Terme Çayı havzasında metiloranj alkalinitesi Nisan ayında minimum (185 mg/lit) ve Temmuz ayında maksimum (293 mg/lit) düzeye ulaşmıştır (Şekil 4.16).



Şekil 4.16 Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında metiloranj alkalinitesinin değişimi

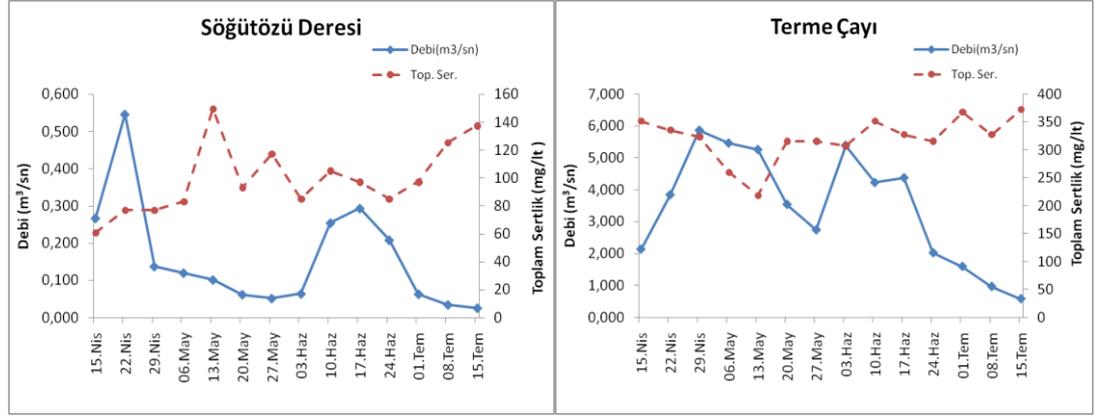
Yapılan Spearman Korelasyon Testi sonucu, Terme Çayı Havzasında debi ile metiloranj alkalinitesi arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur ( $r = -0.611$ ,  $p < 0.05$ ).

Ölçüm zamanında Terme Çayı havzasında pH'nın giderek azalması, bu havzada pH ile doğrudan ilişkili olan metiloranj alkalinitesinin artmasına sebep olmuştur.

Gerek içme suyu gerekse kullanma suyu ölçütleri açısından fenolftalein ve metiloranj alkalinitesi değerlendirmelere katılmamakta olup pH ile doğrudan değişen değerlerdir.

#### 4.2.10 Toplam sertlik – debi arasındaki ilişki

Araştırma alanında toplam sertlik ölçüm zamanlarında değişken bir özellik göstermekle birlikte genel olarak sıcaklıkla doğru orantılı bir şekilde artış göstermiştir (Şekil 4.17). Söğütözü Deresi Havzasında toplam sertlik, Nisan ayında minimum (60.61 mg/lit), Temmuz ayında ise maksimum (137.37 mg/lit) değer ölçülmüştür. Terme Çayı Havzasında Mayıs ayında minimum (218.18 mg/lit) olan toplam sertliğin Temmuz ayında maksimum (371.72 mg/lit) düzeye ulaştığı tespit edilmiştir.



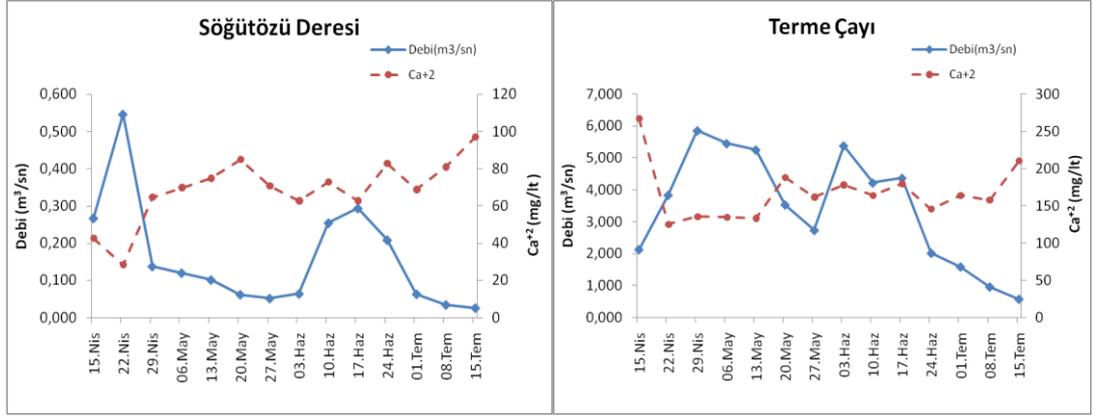
Şekil 4.17 Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında toplam sertliğin değişimi

Uygulanan Spearman Korelasyon Testi sonucu Terme Çayı Havzasında debi ile toplam sertlik arasında bir ilişki bulunmazken Söğütözü Deresi Havzasında debi ile toplam sertlik arasında ilişki bulunmuştur ( $r = -0.626$ ,  $p < 0.05$ ). Suyun sertliği, içinde çözünmüş olan kalsiyum ve magnezyum tuzlarından kaynaklanmaktadır. Suyun sertliği büyük ölçüde içinde veya üzerinde bulunduğu jeolojik oluşumlardan kaynaklandığı için, bölgelere bağlı olarak büyük değişimler gösterebilmektedir (Munsuz ve Ünver 1995).

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) içme suyu standartlarına göre her iki havzanın toplam sertlik değerleri değerlendirildiğinde, ölçüm zamanında toplam sertliğin 500 mg/Lt'yi geçmediği belirlenmiştir. Dolayısıyla ölçüm zamanında her iki havzada da toplam sertlik değerlerinin DSÖ içme suyu ölçütlerine uygun olduğu belirlenmiştir (WHO 1993).

#### 4.2.11 Kalsiyum sertliği – debi arasındaki ilişki

Havzalardan toplanan su örneklerinin kalsiyum içeriği incelendiğinde, Söğütözü Deresi Havzasında kalsiyum miktarı zaman içerisinde bir artış gösterirken, Terme Çayı Havzasında kalsiyum miktarı değişken bir özellik göstermiştir (Şekil 4.18). Söğütözü Deresi Havzasında kalsiyum sertliği, Nisan ayında minimum (28.28 mg/Lt) ve Temmuz ayında maksimum (96.96 mg/Lt) değere ulaştığı belirlenmiştir, Terme Çayı Havzasında ise kalsiyum sertliği Nisan ayında minimum (125.25 mg/Lt) ve maksimum (266.66 mg/Lt) olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.18 Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında kalsiyum sertliğinin değişimi

Spearman Korelasyon Testi sonucu Söğütözü Deresi havzasında debi ile kalsiyum sertliği arasında güçlü bir ilişki olduğu saptanmıştır ( $r = -0.688$ ,  $p < 0.01$ ). Kalsiyum sülfatların oluşturduğu sertlik kalıcı olmakla beraber alanın jeolojik yapısıyla yakından ilgilidir.

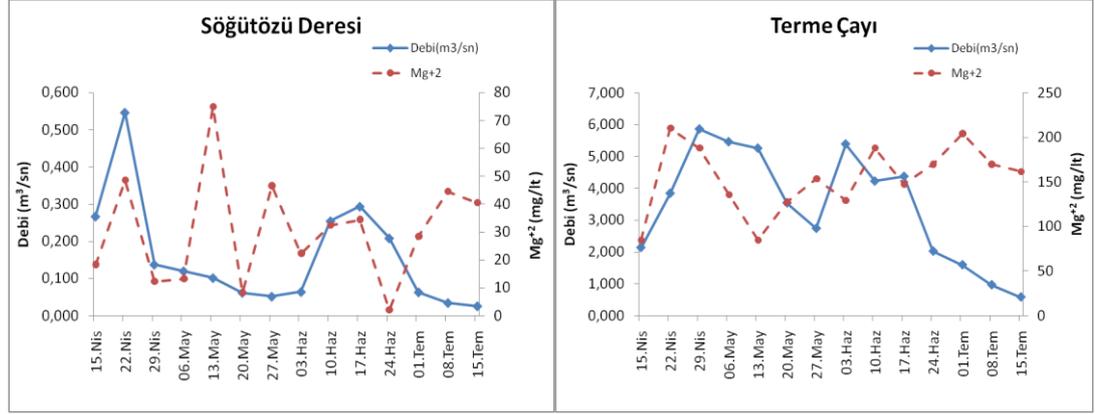
Havzanın çok büyük bir kısmının andezit olması ve andezitin kalsiyum oksit içeriğinin fazla olması bu ilişkiyi destekler niteliktedir.

Türk Standartları Enstitüsü TSE-266 nolu içme suyu standartlarına göre her iki havzanın kalsiyum sertlikleri incelendiğinde, ölçüm zamanında kalsiyum sertliğinin 200 mg/lt'yi geçmediği (Terme Çayı Havzasında 15 Nisan ve 8 Temmuz tarihleri hariç) belirlenmiştir. Dolayısıyla ölçüm zamanında her iki havzada da kalsiyum sertlik değerlerinin TSE 266 içme suyu standartlarına uygun olduğu belirlenmiştir (Anonim 1997).

#### 4.2.12 Magnezyum sertliği – debi arasındaki ilişki

Her iki havzada da magnezyum içeriğinin zaman içerisinde değişken bir özellik gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.19).





Şekil 4.19 Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında magnezyum sertliğinin değişimi

Söğütözü Deresi Havzasında magnezyum sertliği, Mayıs ayında minimum (2.03 mg/lt) ve aynı zamanda maksimum (74.75 mg/lt) değere ulaştığı saptanmıştır. Terme Çayı Havzasında Nisan ayında minimum (84.85 mg/lt) ve yine aynı ayda maksimum (210.1 mg/lt) düzeye ulaştığı belirlenmiştir.

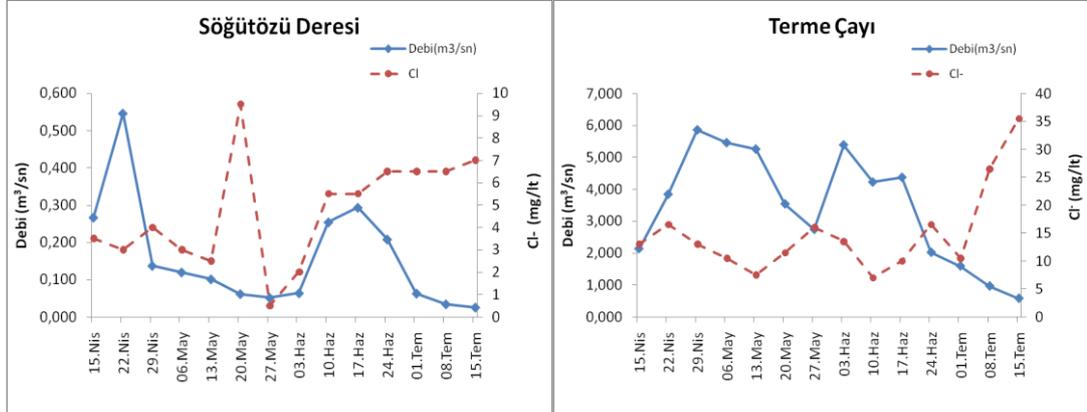
Yapılan Spearman Korelasyon Testi sonucu her iki havzada da debi ile magnezyum sertliği arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Türk Standartları Enstitüsü TSE-266 nolu içme suyu standartlarına göre, ölçüm aralığı boyunca Söğütözü Deresi Havzasında suyun magnezyum sertliği açısından (maksimum 50 mg/lt) bir sorun teşkil etmediği saptanmıştır. Buna karşılık Terme Çayı Havzasında ise ölçüm zamanı boyunca suyun magnezyum sertlik değerlerinin, TSE-266' ya uymadığı belirlenmiştir (Anonim 1997).

#### 4.2.13 Klorür – debi arasındaki ilişki

Klorür, toplam tuz miktarı ile ilgili ve tüm doğal sularda rastlanabilecek bir parametredir. Klorür deredeki suya doğal minerallerden karışabileceği gibi yapay yollardan da (evsel, tarımsal ve endüstriyel kaynaklar) karışabilmektedir (Göksu 2003). Terme Çayı Havzasının klorür miktarının Söğütözü Deresi Havzasına göre daha fazla olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.20). Söğütözü Deresi Havzasında klorür, Nisan ayı sonunda minimum (0.5mg/lt) ve Mayıs ayında maksimum (9.5 mg/lt) değerine

ulaşırken, Terme Çayı Havzasında Haziran ayında minimum (7.0 mg/lt), Mayıs ayında maksimum (35.5 mg/lt) değerleri ölçülmüştür.



**Şekil 4.20** Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında klorür miktarının değişimi

Terme Çayı Havzasının büyüklüğü, iskân alanı ve tarım alanlarının tüm havza alanına oranı (%85) değerlendirildiğinde, sudaki klorür miktarının yapay yollarla dereye ulaştığı düşünülmektedir. Bitkisel, evsel ve zirai atıkların deredeki suya karışmasının ardından ortamda artan klorür miktarı çeşitli omurgasız ve akuatik organizmaların yaşam alanlarını sınırlamaktadır (Jones vd. 2002).

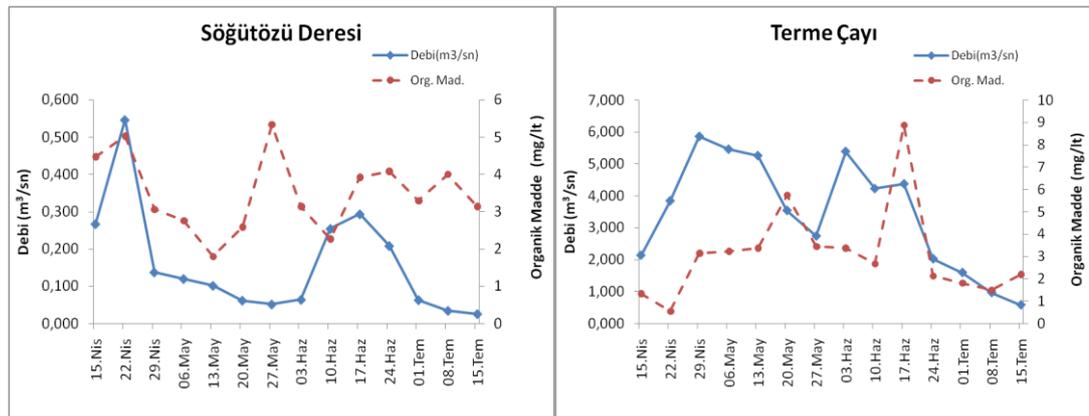
Spearman Korelasyon Testi sonucu her iki havzada da klorür miktarı ile debi arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Kurunç vd. (2005) ise çalışmalarında debi ile klorür arasında ters yönde bir ilişki saptamıştır. Ölçüm zamanının daha uzun süreli olması bu ilişkinin ortaya çıkmasını sağlayacağı düşünülmektedir.

Klorür miktarı incelendiğinde, her iki havzada da Türk Standartları Enstitüsü TSE–266 nolu standarda (mak. 600 mg/lt), Dünya Sağlık Örgütü içme suyu standardına (mak. 250 mg/lt), Amerika Çevre Ajansı içme suyu standardına (mak. 250 mg/lt) ve Sağlık Bakanlığı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğin içme suyu standardına (mak. 250 mg/lt) göre suyun uygun olduğu belirlenmiştir (WHO 1993, Anonim 1997, EPA 1998, Anonim 2005). Ayrıca su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre Söğütözü Deresi havzasında tüm ölçüm zamanı boyunca, Terme Çayı havzasında ise Temmuz

ayına kadar suların klorür iyonu açısından I. sınıf kalitede oldukları belirlenmiştir (Anonim 1991).

#### 4.2.14 Organik madde (Permanganat indeksi) – debi arasındaki ilişki

Sularda bulunan çözülmüş organik maddeler, ölmüş bitki ve hayvan kalıntıları ile bunların metabolik artıkları ve salgılarından kaynaklanmaktadır. Genel olarak her iki havzada da organik maddenin zaman içerisinde değişken bir özellik gösterdiği belirlenmiştir. Söğütözü Deresi Havzasında organik madde, Mayıs ayında hem minimum (1.8 mg/lt) hem de maksimum (5.33 mg/lt) ölçülmüştür. Terme Çayı Havzasında ise Nisan ayında minimum (0.55 mg/lt) Haziran ayında maksimum (8.86 mg/lt) değere ulaştığı belirlenmiştir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21 Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında organik madde miktarının değişimi

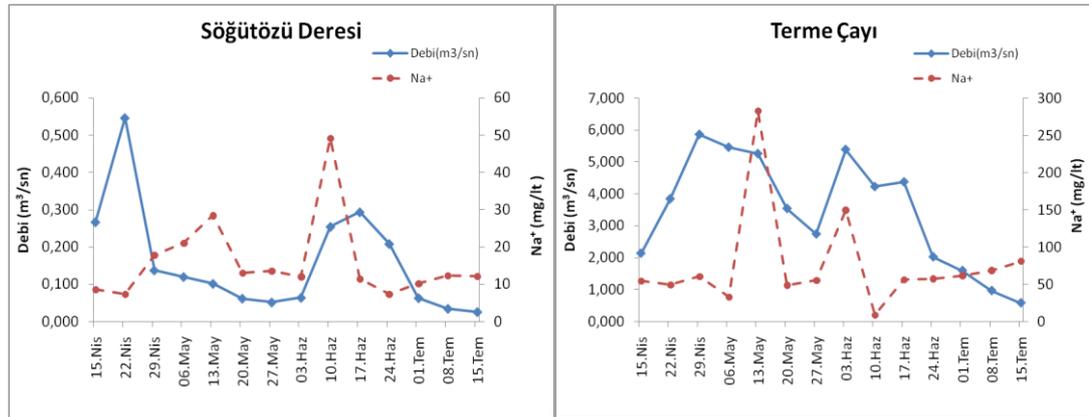
Yapılan Spearman Korelasyon Testi sonucu her iki havzada da debi ile organik madde arasında önemli bir ilişki bulunamamıştır. Bunun aksine Zhang vd. (2009) sudaki organik maddenin debi ile doğrudan ilişkisi olduğunu saptamışlardır. Ancak bu ilişkinin kurak dönemlerden çok yağışlı dönemlerde saptanabildiğini belirtmişlerdir. Dolayısıyla araştırma alanlarında ölçümün devam ettirilmesi sonucu debi ile organik madde arasında anlamlı bir ilişki tespit edilebilecektir.

Permanganat indeksi bakımından her iki havza incelendiğinde, Sağlık Bakanlığı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğin (İTASHY) kullanma suyu standartlarına

göre (min 2mg/l) Söğütözü Deresi havzasında 6 Mayıs tarihi haricinde su özellikleri bu standarda uymaktadır. Terme Çayı havzasında ise Nisan ayı ve Temmuz ayı başlangıcı haricinde su özellikleri bu standarda uymaktadır. İTASHY içme suyu standartlarına (min 3.5 mg/l) göre ise, her iki havzada da ölçüm zamanı içerisinde çok az bir değer bu ölçütlere uygun olduğu saptanmıştır (Anonim 2005).

#### 4.2.15 Sodyum – debi arasındaki ilişki

Söğütözü Deresi Havzasında sodyum miktarının, Nisan ayında minimum (7.3mg/l), Haziran ayında ise maksimum (49.1mg/l) değerine ulaştığı belirlenmiştir. Terme Çayı Havzasında ise Haziran ayında minimum (8.8mg/l) ve Mayıs ayında maksimum (149.4mg/l) düzeye ulaştığı görülmüştür (Şekil 4.22).



Şekil 4.22 Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında sodyumun değişimi

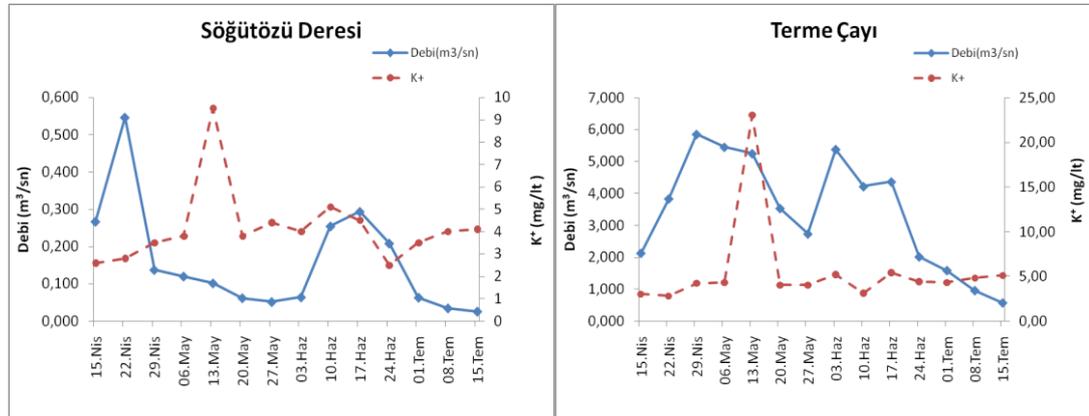
Uygulanan Spearman Korelasyon Testi sonucu her iki havzada debi ile sodyum miktarı arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Interlandi ve Crockett (2003) Amerikada yapmış oldukları çalışmada sodyum ve klor iyonlarının toplu halde taşındıklarını ve su içerisindeki konsantrasyonlarının ancak kış aylarında artabildiğini belirtmişler ve kış aylarında tuzun birikmesi ile deredeki debinin daha anlamlı sonuçlar verdiğini öne sürmüşlerdir. Araştırma alanlarındaki sodyum miktarının debi ile olan ilişkisi, ölçümlerin devam ettirilmesi ve özellikle kış aylarındaki ölçüm değerlerinin eklenmesi ile değişebileceği öngörülmektedir (Serengil vd. 2007).

Ölçüm aralığı boyunca her iki havzada da suyun sodyum içeriği açısından Türk Standartları Enstitüsü TSE-266 nolu standarda (mak. 175 mg/lt) ve Dünya Sağlık Örgütü (mak. 200 mg/lt) içme suyu standardına uygun olduğu saptanmıştır (WHO 1993).

#### 4.2.16 Potasyum – debi arasındaki ilişki

Potasyum derelere, yer altı suyuyla, hayvan, bitki artıkları ve evsel atıklarla ulaşabilmektedir. Söğütözü Deresi Havzasında potasyum, Nisan ayında minimum (2.6mg/lt) ve Mayıs ayında ise maksimum (9.5mg/lt) değerine ulaşmaktadır. Terme Çayı havzasında ise potasyum, Nisan ayında minimum (2.8mg/lt) ve Haziran ayında maksimum (5.4mg/lt) olarak ölçülmüştür (Şekil 4.23).

Spearman Korelasyon Testi sonucuna göre, her iki havza da debi ile potasyum arasında önemli bir ilişki bulunamamıştır.



Şekil 4.23 Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında potasyumun değişimi

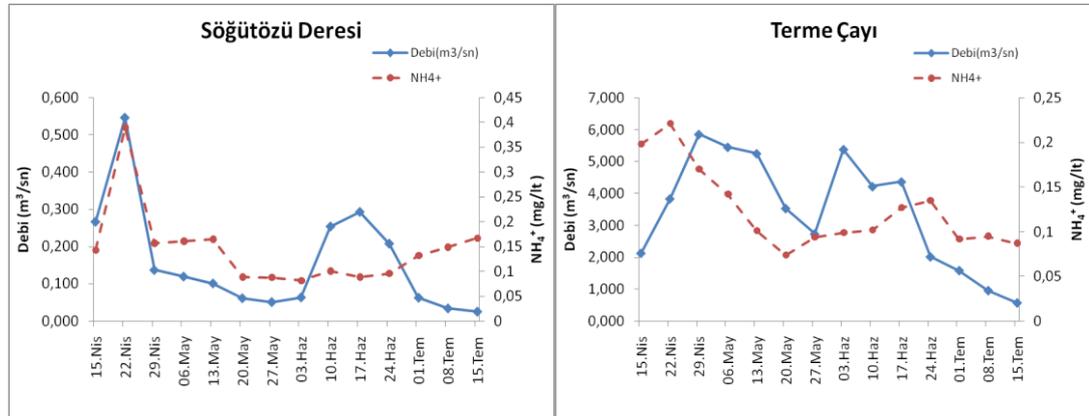
Serengil vd (2007) İstanbul'da yapmış oldukları bir çalışmada potasyumun kış aylarında arttığını belirtmişlerdir. Kurunç vd. (2005) ise çalışmalarında debi ile potasyum arasında ters yönde bir ilişki saptamıştır. Ölçüm zamanının daha uzun süreli olması ve özellikle kış aylarındaki ölçümlerin ardından debi ile potasyum arasındaki ilişkinin ortaya çıkabileceği düşünülmektedir.

Ölçüm aralığı boyunca her iki havzada da suyun potasyum içeriği açısından Türk Standartları Enstitüsü TSE-266 (mak. 12 mg/l) içme suyu standartlarına uygun olduğu saptanmıştır (Anonim 1997).

#### 4.2.17 Amonyum – debi arasındaki ilişki

Amonyum, doğrudan proteinlerin veya diğer azotlu organik maddelerin bakteriler tarafından parçalanması ile oluşmaktadır (Göksu 2003). Vejetasyon döneminin başlaması ile birlikte özellikle dere kenarındaki ayrışmalar amonyum miktarını hızlı bir şekilde arttırmaktadır (Meynendonckx vd. 2006).

Söğütözü Deresi Havzasında amonyum, Nisan ayında minimum (0.082 mg/l) ve maksimum (0.389 mg/l) değerine ulaşmaktadır. Terme Çayı havzasında Mayıs ayında minimum (0.074 mg/l) ve Nisan ayının sonunda maksimum (0.221 mg/l) düzeye ulaştığı tespit edilmiştir (Şekil 4.24).



Şekil 4.24 Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında amonyumun değişimi

İyon haldeki amonyum, balıklar başta olmak üzere sucul organizmalar için zehirli değildir. Ancak amonyum iyonları artış gösterdiği takdirde, bazı sucul ve karasal organizmalar ile içme suyunda çok sıkça zehirleyici etki görülebilmektedir. Amonyumun sık sık yükselmesi ise dere habitatında ani değişikliklere sebep olabilmektedir (Jones vd. 2002).

Yapılan Spearman Korelasyon Testi sonucuna göre, her iki havzada da debi ile amonyum arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

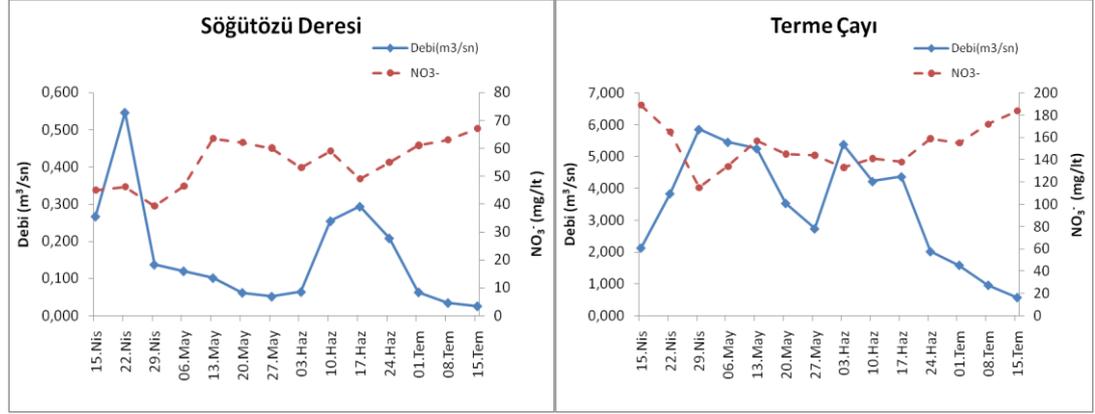
Her iki havzada da ölçüm zamanı boyunca suyun, amonyum içeriği bakımından TSE-266 nolu standarda (mak. 0.5 mg/l) ve Dünya Sağlık Örgütü içme suyu standardına (mak. 1.5 mg/l) uygun olduğu saptanmıştır (WHO 1993, Anonim 1997).

#### **4.2.18 Nitrat – debi arasındaki ilişki**

Nitrat, doğal sulara organik azotun oksitlenmesinin son ürünüdür. Bu nedenle ortamdaki azotun oksidasyonu nedeniyle, sudaki çözülmüş oksijenin tüketilmesi söz konusudur (Göksu 2003). Nitrat su ortamlarının temel besin maddesi olmasına karşın sulara fazla bulunduğu takdirde insanlara kadar varan çeşitli canlı gruplarında zararlı olmaktadır.

Söğütözü Deresi Havzasında nitrat miktarı genel olarak debinin azalması ile artmakta, Terme Çayı Havzasında ise nitrat miktarı değişkenlik göstermektedir (Şekil 4.25). Söğütözü Deresi Havzasında nitrat, Nisan ayında minimum (45 mg/l), Temmuz ayında ise maksimum (67 mg/l) olarak ölçülmüştür. Terme Çayı Havzasında Mayıs ayı sonunda minimum (133 mg/l) ve Nisan ayında maksimum (189 mg/l) düzeye ulaştığı tespit edilmiştir.

Nitratlar, sulara çeşitli yollarla karışmaktadırlar. Hayvansal ve bitkisel artıkların içerdiği proteinin ayrışması sonucunda açığa çıkan amonyağın oksitlenmesinden ve özellikle tarımsal alanlarda kullanılan nitratlı gübrelere kaynaklanmaktadır (Davie 2008). Nitrat miktarının Terme Çayı Havzasında yüksek miktarda çıkmasının temel sebebi olarak tarım alanlarının havza alanı içerisinde geniş yer tutmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.25 Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında nitratın değişimi

Spearman Korrelasyon Testi sonucu, her iki havzada da debi ile nitrat miktarı arasında güçlü bir ilişki bulunmuştur ( $r = -0.758$ ,  $p < 0.01$ ). Bunun yanı sıra bazı araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda düşük akım koşullarının olduğu dönemlerde derelerdeki suların nitrat konsantrasyonlarında bir artış olduğunu tespit etmişlerdir (Dinnel ve Bratkovich 1993; Yin vd. 1995; Manoochehri vd. 2010).

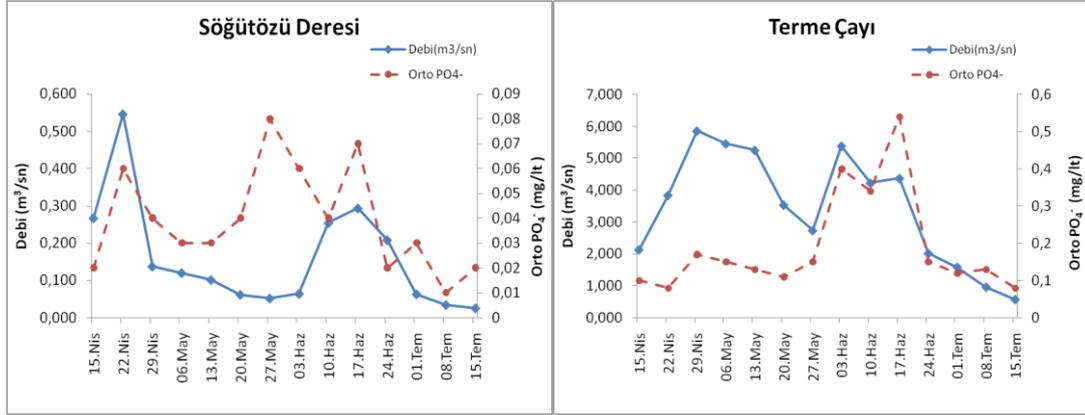
Suyun çeşitli kullanım alanlarında nitrat içeriği önemli bir sınırlandırıcı özellik olmaktadır. Türk Standartları Enstitüsü TSE-266 ve Dünya Sağlık Örgütü içme suyu standartlarına göre bu değer maksimum 50 mg/lt, Amerika Çevre Ajansı içme suyu standardına göre maksimum 45mg/lt'dir. Bu ölçütler dikkate alındığında Terme Çayı havzasında ölçüm zamanı boyunca sular nitrat içeriği bakımından içme suyuna uygun değildir. Söğütözü Deresi havzasında ise debinin yüksek olduğu Nisan ayı dışında kalan diğer dönemlerde nitrat içeriği bakımından sular içme suyuna uygun değildir (WHO 1993, Anonim 1997).

#### 4.2.19 Ortofosfat – debi arasındaki ilişki

Fosfor doğada ortofosfatlar, polifosfatlar, metafosfatlar ve ultrafosfatlar halinde bulunmaktadır. Su ortamlarında ortofosfatlar bulunmakta ve tüm organik fosfor bileşiklerinin temel yapı taşı oluşturmaktadır. Ortofosfatlar su kaynaklarına tarımsal uygulamalar, deterjanlar ve kanalizasyon atıkları ve sediment taşınması ile karışmaktadır (Göksu 2003, Davie 2008).



Söğütözü Deresi Havzasında ortofosfat, Temmuz ayında minimum (0.01 mg/l) ve Mayıs ayında maksimum (0.08 mg/l) olarak ölçülmüştür. Terme Çayı Havzasında Temmuz ayında minimum (0.08 mg/l) ve Haziran ayında maksimum (0.54 mg/l) düzeye ulaştığı belirlenmiştir (Şekil 4.26).



Şekil 4.26 Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında Nisan – Temmuz ayları arasında ortofosfatın değişimi

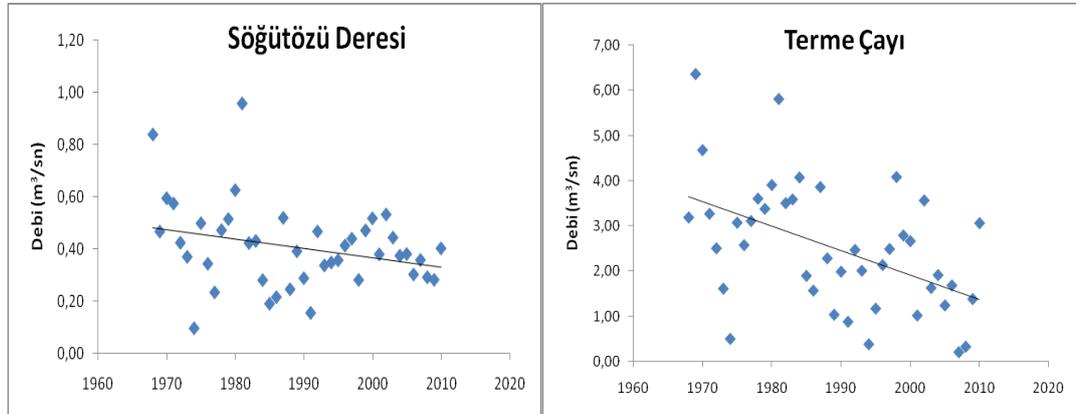
Spearman Korelasyon Testi Sonucu, Terme Çayı Havzasında debi ile ortofosfat arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur ( $r= 0.590$ ,  $p<0.05$ ). Terme Çayı Havzasında tarım alanların yoğun ve yaygın oluşu debi ile ortofosfat arasındaki anlamlı ilişkiyi ortaya koyduğu düşünülmektedir. Sigleo ve Frick (2007) yaptıkları çalışmada ilkbahar ve yaz aylarında ortofosfatın kış aylarına göre daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Bu ilişkinin temel nedeni olarak, yaz aylarındaki azot miktarının artmasına paralel bir şekilde ortofosfatın da artmasını göstermişlerdir. Aynı zamanda yaz aylarında ortamdaki ortofosfatın artışı bitki biomasını arttırmakta, suyun berraklığını ve oksijenin kullanılabilirliğini azaltmaktadır (Jones vd. 2002). Suda serbest olarak bulunan ortofosfatların Dünya Sağlık Örgütü içme suyu ölçütlerine göre 0.02 mg/l'ti aşmaması gerekmektedir. Dolayısıyla Terme Çayı havzasında ölçüm zamanında ortaya çıkan değerler bu ölçütü sağlamamaktadır. Tarım alanlarında kullanılan fosfor içerikli gübrelerin daha dikkatli bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Söğütözü Deresi havzasında ise sadece 15 Nisan, 17 Haziran ve 1 ile 8 Temmuz tarihleri arasında ki su bu ölçüte uymaktadır (WHO 1993).

### 4.3 Düşük Akışların Trend Analizi

#### 4.3.1 Araştırma alanında genel durum

Türkiye’de bugüne kadar nehir akımları üzerine trend analizi yapılmıştır. Ancak trend analizleri noktasal ölçekte yapılmasına rağmen bölgesel ölçekte yorumlar gerçekleştirilmiştir. (Kalaycı ve Kahya 1998, Topaloğlu 1999, Önöz ve Bayazıt 2003, Kahya ve Kalaycı 2004, Topaloğlu 2006). Bu sorunun ortadan kaldırılması için, incelenen değişkeni bölgesel olarak değerlendiren, bölgesel Mann Kendall Testi geliştirilmiştir (Yue ve Wang 2002).

Bu çalışma kapsamında Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü’nden (DSİ) 15–098 Yuva İstasyonu ve 15–133 Tüney İstasyonuna ait günlük, aylık ve yıllık ortalama akımlar temin edilerek, Söğütözü Deresi ve Terme Çayına ilişkin akışların trend analizleri yapılmıştır. Her iki havzanın da yıllık ortalama debilerinin yıllara göre azalan bir eğilimde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.27).



**Şekil 4.27** Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında 1967–2010 yılları arasında yıllık ortalama debinin trendi

Bölgesel Mann Kendall Testi sonucu, yarı kurak bölge olan araştırma alanında, günlük ortalama akımlar için, 1967–2010 yılları arasında azalan yönde önemli bir trendin ( $p < 0.01$ ) olduğu belirlenmiştir.

### 4.3.2 Düşük akış indislerinin trend analizi

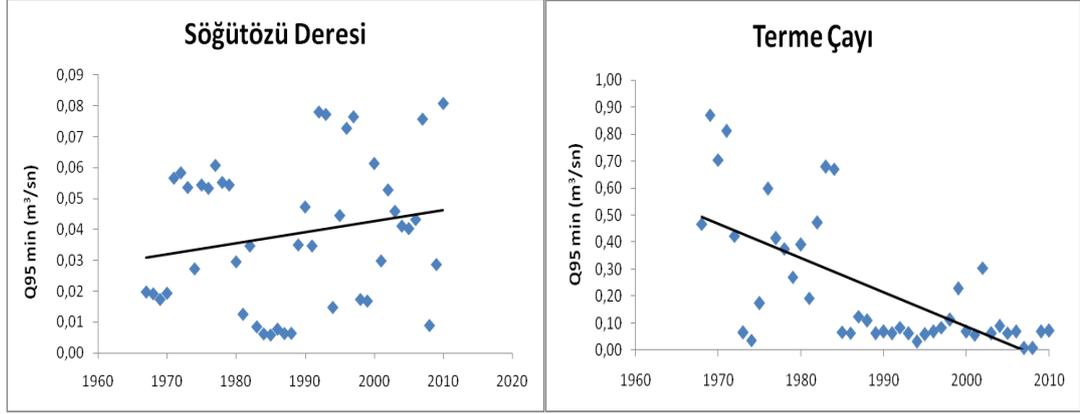
Söğütözü Deresi Havzası ve Terme Çayı Havzasının bulunduğu yarı kurak alanda, değerlendirmelerin bölgesel ölçekte yapılabilmesi için bölgesel Mann Kendall Testi uygulanmıştır. Nitekim birçok çalışmada, zamansal veriler üzerinde trendin belirlenmesi için (sıcaklık, yağış, akış vb.) genel olarak parametrik olmayan Mann Kendall Testi uygulanmıştır (Kalaycı ve Kahya 1998, Büyükyıldız ve Bertay 2004, Cıgızoğlu vd. 2004, Gümüş ve Yenigün 2006, Ceylan vd. 2009).

#### 4.3.2.1 Q95 Akış süreci indisinin trendi

Q95 akış süreci indisi, düşük akış koşullarının bir göstergesi olarak, en yaygın kullanılan yöntemler biridir (Riggs 1980, Brilly vd. 1997, Smakhtin 2001, Tharme 2003). Petts vd. (1997) dere ekosistemlerinin korunması için dere akması gereken minimum akışın hesaplanmasında Q95 yönteminin kullanılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Her yıl için hesaplanan Q95 indis değerlerine göre 1967–2010 yılları arasında Söğütözü Deresi Havzasında bir artış gözlemlenmiştir. Buna karşılık Terme Çayı Havzasında Q95 indis değerlerinde bir azalma tespit edilmiştir. (Şekil 4.28). İki havzanın farklı karakteristiklere sahip olması bu farklılığı ortaya çıkarmaktadır. Zhang vd. (2010) Avustralya’da plantasyon sahalarındaki dere akımlarının trendini belirlerken, benzer durumun akış seviyeleri ve dağılımına etki ettiklerini belirtmişlerdir. Tüm karakteristik farklılıklarına rağmen Q95 akış süreci indisinin diğer indislere göre en iyi sonuçları verdiğini belirtmişlerdir.

Bölgesel Mann Kendall Testi sonucu, yarı kurak bölge olan araştırma alanında, Q95 akış süreci indisi için 1967–2010 yılları arasında azalan yönde, önemli bir trendin ( $p < 0.01$ ) olduğu belirlenmiştir. Birhanu vd. (2007) Malezya’da aynı bölgede yer alan havzalarda, karakteristiklerle birlikte mevsimsel farklılıkların da trendlerde önemli değişikliklere sebep olabildiğini bildirmişlerdir.

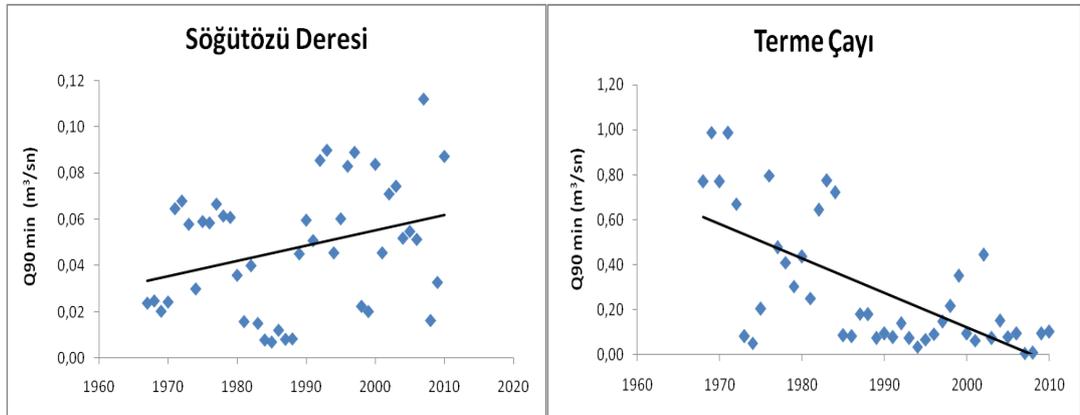


**Şekil 4.28** Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında 1967–2010 yılları arasında Q95 akış süreci indisinin eğilimi

#### 4.3.2.2 Q90 Akış süreci indisinin trendi

Q90 akış süreci indisi düşük akışlarla ilgili çalışmalarda birçok amaca hizmet edecek şekilde kullanılmıştır. Yulanti ve Burn (1998) Q90 akuatik habitat için gerekli olan aylık minimum akışın Q90 akış süreci indisi yöntemiyle hesaplanması gerektiğini belirtmiştir. Bunun yanında küçük derelerde deşarj süresinin modellenmesinde (Ogunkaya 1989) ve kritik akım seviyeleri için eşik değerin belirlenmesinde de kullanılmaktadır (Rivera-Ramirez 2002).

1967–2010 yılları arasında Q90 dğerlerine göre Söğütözü Deresi Havzasında bir artış gözlemlenmiştir. Buna karşılık Terme Çayı Havzasında Q90 değerlerinde bir azalma tespit edilmiştir. (Şekil 4.29).

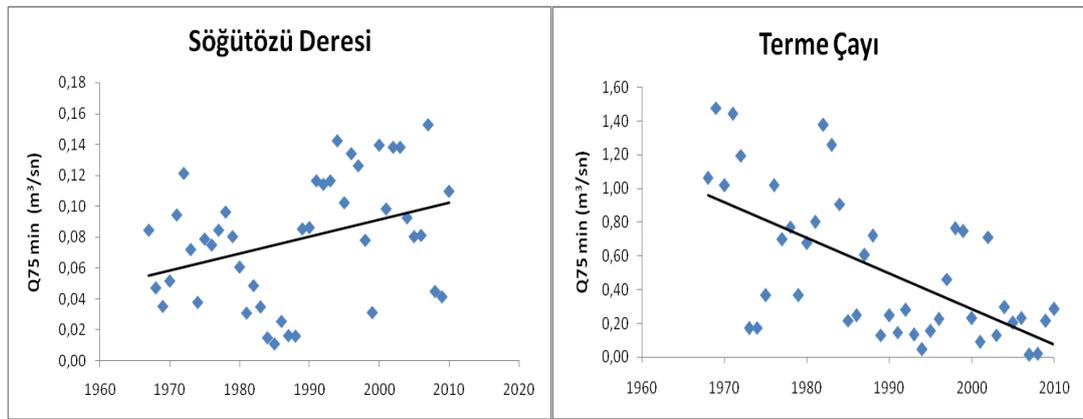


**Şekil 4.29** Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında 1967–2010 yılları arasında Q90 akış süreci indisinin eğilimi

Bölgesel Mann Kendall Testi sonucu, Q90 akış süreci indisi için 1967–2010 yılları arasında Q90 akış sürecinin anlamlı bir trendi olmadığı belirlenmiştir.

#### 4.3.2.3 Q75 Akış süreci indisinin trendi

Dünyada düşük akışların hesaplanmasında yararlanılan hidrolojik metotlardan birisi olan Q75 akış süreci indisi; Q95, Q90 ve Q50 kadar sık kullanılmamakla birlikte Amerika’da yaygın olarak kullanılmaktadır (Smakhtin 2001).



Şekil 4.30 Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında 1967–2010 yılları arasında Q75 akış süreci indisinin eğilimi

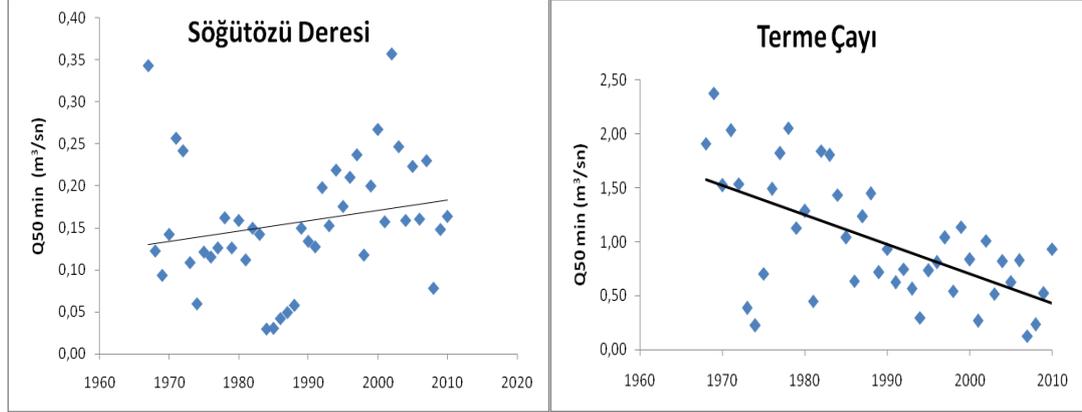
Her yıl için elde edilen Q75 indis değerleri, Söğütözü Deresi Havzasında bir artış gösterirken Terme Çayı Havzasında azalış göstermektedir (Şekil 4.30).

Yapılan Bölgesel Mann Kendall Testi sonucu, 1967–2010 yılları arasında araştırma alanında Q75 değerlerinin anlamlı bir trendi olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

#### 4.3.2.4 Q50 Akış süreci indisinin trendi

Dünyada farklı amaçlara yönelik düşük akış hesaplamada kullanılan bu indis; en önemli olarak suyun gücünden yararlanılan nehirlerde, mevsimlik olarak derede akması gereken minimum akışın hesaplanmasında kullanılmaktadır (Metcalf vd. 2003). Ancak kurak ve yarı kurak alanlardan çok yarı nemli ve nemli alanlarda kullanılan bir indistir.

Yıllık Q50 akış süreci indis değerlerine göre, Söğütözü Deresi Havzasında Q50 değerleri bir artış gösterirken, Terme Çayı Havzasında azalma göstermektedir (Şekil 4.31). Yapılan Bölgesel Mann Kendall Testi sonucu, 1967–2010 yılları arasında araştırma alanında Q50 değerlerinin bir trendi olmadığı belirlenmiştir.

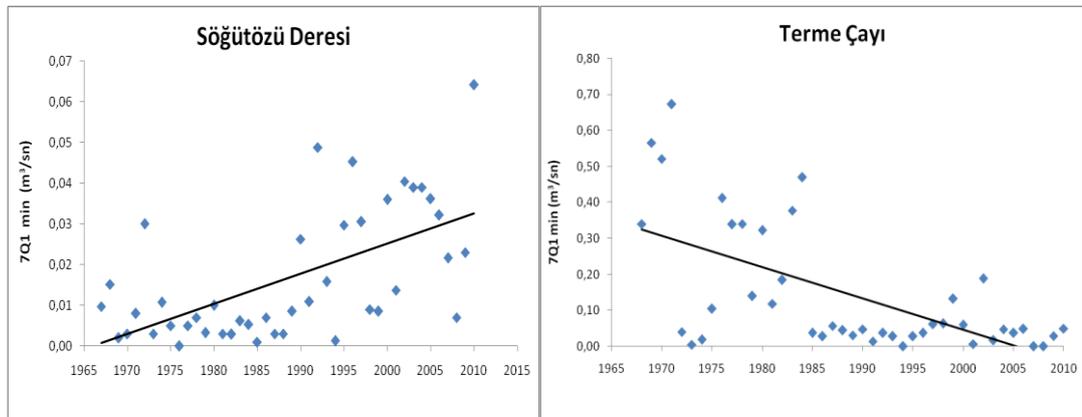


**Şekil 4.31** Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında 1967–2010 yılları arasında Q50 akış süreci indisinin eğilimi

#### 4.3.2.5 7Q1 Düşük akış indisinin trendi

7Q1 düşük akış indisi, kurak alanların akış indisi olarak bilinmekte ve kullanılmaktadır (Smakhtin 2001).

Yıl içerisinde birbirini takip eden 7 günlük düşük akış değerlerine göre, Söğütözü Deresinde 7Q1 değerleri 1967–2010 yılları arasında artış göstermiştir (Şekil 4.32).



**Şekil 4.32** Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında 1967–2010 yılları arasında 7Q1 düşük akış indisinin eğilimi

Terme ayı Havzasında ise 7Q1 düşük akış indisinin azalan bir eğilimde olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan Bölgesel Mann Kendall Testi sonucu, 1967–2010 yılları arasında araştırma alanında 7Q1 düşük akış indisinin bir trendi olmadığı belirlenmiştir. Cıgızoğlu vd. (2004) tarafından yapılan çalışmada 7 günlük akışların Ege, Doğu Karadeniz, Akdeniz ve Doğu Anadolu Bölgeleri'nde genel olarak azalan bir trende sahip oldukları saptanmıştır. 7Q1 indisiyle yapılan bir diğer çalışmada, in'deki farklı havzalarda 7Q1 akış değerlerinin Mann Kendall Testi ile değerlendirilmesi sonucu, bazı havzalarda anlamlı trendler bulunurken bazı havzalarda trend bulunmadığı belirtilmiştir (Yang vd. 2009). Trend farklılıklarının nedenini ise havzaların aynı bölgede olmasına karşın farklı karakteristiklere sahip olmasına dayandırmışlardır.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışma, yarı kurak iklim özelliğine sahip bir bölge olan Çankırı ilinde yer alan iki havzada oluşan düşük akışların karakteristiğini belirlemek amacıyla yapılmıştır. İçme, sulama, enerji veya diğer kullanımlar yanında dere ekosisteminin suya en çok ihtiyaç duyduğu kurak dönemde debi ile su kalitesi ölçütleri arasındaki ilişki ortaya konmaya çalışılmıştır. Çalışmanın en önemli yanı ise kurak ve düşük akış döneminde suyun hangi kullanım için uygun olduğu belirlenmiştir. Söğütözü Deresi Havzası ve Terme Çayı Havzalarında haftalık olmak üzere debi ve su kalitesi ölçümleri yapılmış ve bu parametreler arasındaki ilişki araştırılmıştır. Bu amaçla havzalardan 14 haftada toplam 28 su örneği alınarak debi ile 18 su kalite parametresi araştırılmıştır. Aynı havzalarda yer alan DSİ'ye ait; 15-098 Yuva, 15-133 Tüney akım gözlem istasyonlarına ait günlük ortalama akım değerleri üzerinde gerekli matematiksel ve istatistiksel hesaplamalar yapılmıştır. Böylece düşük akışların hesaplanmasında kullanılacak düşük akış indisi ve bu indisin uzun yıllar boyunca eğiliminin ne yönde olduğu belirlenmiştir.

Araştırma alanında iklim tipi Thornwaite ve Aydeniz yöntemine göre belirlenmiştir. Uzun yıllar ortalamasına göre sıcaklık, Temmuz ayında en yüksek değerine, Ocak ayında ise en düşük değerine ulaşmaktadır. Yağış, Mayıs ayında en yüksek, Eylül ayında en düşük değerinde olmaktadır. Söğütözü Deresi Havzasında su açığı Temmuz ayında, Terme Çayı Havzasında Haziran ayında ortaya çıkmaktadır. Aydeniz yöntemine göre araştırma alanının nemlilik durumu "kurakça", iklim sınıfı "çalı" olarak sınıflandırılmıştır.

Araştırma alanında havza alanlarının büyük bir kısmını ziraat alanları oluşturmaktadır. Bu alanlarda kullanılan gübrelerin doğrudan veya dolaylı bir şekilde su kaynaklarına bulaşması sonucu bazı parametrelerdeki (amonyum, nitrat, ortofosfat) artış dere ekosisteminde açacağı kalıcı hasarların yanında insan sağlığını da doğrudan olumsuz yönde etkilemektedir.

14 haftalık arazi çalışması ve su örneklerinin analizi sonucunda iki havzada gerek aynı gerekse farklı su kalitesi parametrelerinin debi ile ilişkili olduğu belirlenmiştir.



Söğütözü Deresi Havzasında debi ile fenolftalein alkalinitesi, toplam sertlik, kalsiyum sertliği, nitrat, bulanıklık, pH ve tuz arasında negatif yönlü bir ilişki saptanmıştır. Terme Çayı Havzasında ise debi ile metiloranj alkalinitesi, nitrat, sıcaklık, elektriksel iletkenlik ve tuz ile negatif yönlü bir ilişki, ortofosfat, bulanıklık ve pH arasında pozitif yönlü bir ilişki belirlenmiştir.

Araştırma süresince gözlemlenen pH değerlerinde her iki havzada da Türk Standartları Enstitüsü (TSE-266) ve Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) içme ve kullanma suyu ölçütlerine göre bir sorun olmadığı tespit edilmiştir. Temmuz ayına kadar Amerika Çevre Ajansı (EPA) ölçütlerine uygun olan pH değerleri debinin azalması ile Haziran ayından itibaren EPA içme ve kullanma suyu standartlarına uymamaktadır. Haziran ayından itibaren debideki azalma, pH ve sıcaklık bakımından bu ayın sonuna kadar I. ve II. sınıf kalitede olan suyun III. ve IV. kaliteye düşmesine neden olmaktadır. Haziran ayından itibaren derelerden ekstra su çekilmesi suyun kalitesini dahada düşüreceğinden tarımsal sulamalar için kontrollü bir sulama düzeninin yapılması gerekmektedir.

İçme ve kullanma suyu standartlarını etkileyen bir başka parametre olan bulanıklık değeri Söğütözü Deresi havzasında bir sorun teşkil etmemektedir. Ancak çok fazla açıklık ve ziraat alanının yoğun olduğu Terme Çayı havzasında tüm ölçüm zamanında bulanıklık değerleri TSE, DSÖ, EPA ve Sağlık Bakanlığı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliği'ne göre içme ve kullanma suyu standartlarına uygun değildir. Bu havzada bulanıklık değerlerinin kontrol edilebilmesi ve çeşitli amaçlar için kullanılabilmesi için havza ıslah çalışmaları yürütülerek erozyon azaltılabilir ve önlenebilir. Bulanıklık kontrolü yamaç arazilerden taşınan sedimentin azaltılması ile mümkün olacaktır. Dere üzerinde sediment biriktirici yapılar inşa edilmelidir. Mecra erozyonu azaltılmalı ve teknik önlemler alınmalıdır. Diğer taraftan dere kenarı arazi kullanımları kontrol altına alınması gerekmektedir. Özellikle dere koruma zonu (300m) içerisinde tarımsal faaliyetler ve inşaat faaliyetleri en aza indirilmeli veya kontrollü yapılmalıdır. Dere üstü tesis yapımına izin verilmemeli, dere geçişlerinde sanat yapılarına önem verilmelidir. Tarımsal, sanayi veya evsel atık sular sediment depolayıcı tesislerden sonra dereye akıtılmalıdır. Yağışlı dönemde toprağı çıplak bırakan ürün yetiştirilmesi önlenmelidir. Hayvan atıklarının doğrudan dereye bırakılması önlenmeli

ve bunun için arıtma sistemleri ile biriktirme havuzları teşvik edilmelidir. Ayrıca sediment kontrolü çalışmaları toprağa karışmış tarımsal gübrelerin ani yağışların ardından hızlıca su kaynaklarına karışmasında engelleyecektir.

Her iki havzada da suyun kullanım alanını önemli derecede etkileyebilecek olan nitrat içeriğine göre sular TSE, DSÖ, EPA ve Sağlık Bakanlığı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliği'ne göre uygun değildir. Dolayısıyla her iki havzada da tarımsal gübrelerin kullanımı kısıtlanmalı ya da kontrollü bir biçimde yapılmalıdır. Debi ile arasında ters ilişki tespit edilen nitrat miktarının kontrol edilebilmesi için derelerden çeşitli amaçlar ile çekilecek su miktarının azaltılması gerekmektedir.

Derelerde oluşan akış miktarlarının havza karakteristikleri ile doğrudan ilgili olduğu saptanmıştır. Dolayısıyla değerlendirmelerin havza bazında yapılması gerekmektedir. Havzanın büyüklüğü, şekli ve uzama oranı havza sularının debisi üzerinde etkilidir. Sağanak yağışlar sonrası oluşacak ani akışlar ile dereye ulaşacak sediment miktarı ve özellikleri havza karakteristiklerinden doğrudan etkilenmektedir. Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarının büyüklükleri, aynı bölgede yer alan iki havzadaki akış rejimi farklılıklarını ortaya çıkarabilmektedir. Havzanın ortalama eğimi yüzeysel akış ve sediment miktarını doğrudan, arazi kullanım biçimini etkilemesi ile dolaylı olarak akış üzerinde etkili olmaktadır. Havza ortalama yükseltisi bitki örtüsü ve iklim özelliklerini etkileyerek akış üzerinde etki oluşturmaktadır.

Havza karakteristikleri incelendiğinde insanın değiştirebildiği en önemli özellik arazi kullanım biçimi ve arazi örtüsüdür. Bu nedenle derede akan suyun miktar ve kalitesi üzerinde değerlendirme yapıldığında bu havza karakteristiği temel alınmalıdır. Arazi örtüsü ve arazi kullanım biçimleri kontrol altına alınarak ve gerekli toprak ve su koruma önlemleri alınarak su kalitesi ve miktarı istenilen düzeye getirilebilecektir. Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzalarında en çok dikkati çeken havza alanlarının büyük bir kısmının tarım alanı ve mera olarak kullanılmasıdır. Ancak Terme Çayı havzasında tarım ve mera alanları Söğütözü Deresi havzasına göre daha geniş alanları oluşturmakta böylece ani yağışların ardından çıplak kalan toprakta daha şiddetli erozyonun olmasına neden olmaktadır. Söğütözü Deresi havzasının alanının yaklaşık %20'sinin orman

alanları oluşu, yağışlarla gelen suyun akış rejiminin daha düzenli olmasını sağlamaktadır.

Havzanın drenaj ağı karakteristikleri dereye akan suyun miktarını doğrudan etkilemektedir. Söğütözü Deresi havzasının drenaj yoğunluğunun ( $2.66 \text{ km/km}^2$ ) Terme Çayı havzası drenaj yoğunluğuna ( $0.7 \text{ km/km}^2$ ) göre yüksek oluşu daha az miktarda yüzeysel akışın olmasına neden olmaktadır. Böylece drenaj ağının Söğütözü Deresi havzasında gelişmiş olması yüzey erozyonunuda azaltmaktadır.

Kurak dönemlerde (Temmuz-Ağustos) derelerden aşırı miktarda suyun çekilmesi, sudaki akuatik canlılar, dere kenarı vejetasyonu ve insan sağlığı açısından önemli sorunlara yol açabilmektedir. Can suyu olarak isimlendirilen ve dere ekosisteminin sürekliliği için gerekli olan en az su miktarı kurak dönemde büyük önem taşımaktadır. Bu dönemde zaten az olan su en verimli şekilde kullanılmalıdır. Burada dikkate alınması gereken konu suyun sektörel paylaşımıdır. Sadece insani faaliyetler (içme, sulama, enerji) dikkate alınarak yapılan paylaşım dere ekosisteminin sürekliliğini tehlikeye sokacaktır. Dere içerisi ve kener canlılarının ihtiyacı olan en az su mutlaka dereye bırakılmalıdır. Diğer bir önemli konu ise kullanım sonrası dereye ulaşan sulardır. Kullanım sonrası sular kalitesi düşük sular olacağı için dereye akan temiz suyun kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle kullanım sonrası ortaya çıkan atık sular mutlaka gerekli arıtma işlemi sonrası dereye bırakılmalıdır.

Debi ile arasında ilişkisi saptanamayan parametreler için daha uzun gözlemlerin yapılması gerekmektedir. Böylece mevsimsel özelliklere bağlı olarak değişebilecek özellikler saptanmış olur. Yapılan bu çalışma ve daha önce yapılmış araştırmalar dikkate alındığında debi ve su kalite özellikleri üzerinde birçok faktörün etkili olduğu görülmüştür. Her havza kendi özelliklerine göre değerlendirilmelidir. Ayrıca su ile ilgili çalışmalarda uzun dönemli araştırmaların daha sağlıklı sonuçlar vereceği anlaşılmaktadır. Devri, yıllık, mevsimsel ve günlük değişimler açısından uzun çalışmalar gerekmektedir.

Her iki havzada 1967–2010 yılları arasında yıllık ortalama minimum akımların trendinde önemli bir azalma tespit edilmiştir. Araştırma süresi boyunca debilerde önemli bir değişkenliğin olduğu saptanmıştır. Debideki anlık değişimler ve önemli azalmalar suyun kalitesini ve kullanım hedeflerini doğrudan değiştirmektedir. Suyun kullanım alanlarının belirlenmesinde ve planlanmasında bu azalma dikkate alınmalıdır.

Uzun yıllar debi incelemesi sonucu her iki havzada debide azalma dikkati çeken en önemli özelliktir. Bu durum azalan suyun daha verimli kullanılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Planlayıcılar ve yerel halkın birlikte ve tüm sektörlerin ihtiyaçlarını karşılayıcı uzun dönemli planlar yapılmalıdır. Kısa ve uzun vadede havzanın su üretim potansiyelini artıran, ihtiyaçları yönlendirici tedbirler devreye sokulmalıdır. Özellikle kullanım sonrası oluşan atık suların kalitesi yükseltici ve yeniden kullanımını sağlayıcı önlemler gerekmektedir. Suyun kalitesini azaltıcı etkisi en yüksek ve en yaygın arazi kullanım biçimi olan tarım sektöründe erozyon, gübre, ilaç ve aşırı su kullanma sorunları tekrar ve dikkatle ele alınmalıdır. Çalışılan havzalarda büyük etkiye sahip olmasa bile sanayi ve evsel atık sular mutlaka kontrol altına alınmalıdır.

Uluslararası kurum ve kuruluşlarca kabul görmüş Q95, Q90, Q75, Q50 ve 7Q1 düşük akış indislerine göre derede akması gereken minimum debi miktarı, havzalara göre değişken bir eğilim göstermektedir. Dolayısıyla düşük akış indislerinin belirlenmesinde her havza tek başına değerlendirilmelidir.

Türkiye’de derede akması gereken minimum akışın değerlendirilmesinde, sadece debi esaslı bir yöntem olan Tennant metodu kullanılması sorun oluşturabilmektedir. Çünkü her dönemde derede akan suyun kalitesi havza içerisindeki insani faaliyetler, sanayi ve evsel atıklar gibi çeşitli noktasal kirleticiler tarafından değiştirilebilmektedir. Dolayısıyla akış süreci indisleri mevsimsel olarak değerlendirilip derede akması gereken minimum akışın belirlenmesinde daha doğru sonuçları verebilmektedir.

Bölgesel Mann Kendall trend testi sonucuna göre, bölgede Q95 indisinde anlamlı bir trendin varlığı tespit edilmiştir. Q95 indisine göre Söğütözü Deresi Havzasında yıllar

ilerledikçe derede akması gereken minimum değerin arttığı belirlenmiştir. Dolayısıyla bu dereden çekilecek su miktarının giderek azalması gerekmektedir.

Araştırma süresince yapılan gözlemler ve ölçümler neticesinde ortaya çıkan sonuçlar kısa ve kurak dönem hakkında gerekli bilgileri vermiştir. ankırı Karatekin Üniversitesi BAP 2011/3 nolu proje tarafından desteklenen ve devam eden bu çalışmada gözlem süresi bir yılda tamamlanacaktır. Böylece kış ve nemli döneme ait gzlemlemeler ve değerlendirmeler de yapılabilecektir. Bir yıllık ölçümlerin sonucunda debi ile ilişkili olan parametrelerden regresyon modeli oluşturulabilecek ve böylece bu yre için içme, kullanma, cansuyu gibi derede akması gereken minimum akışlar için somut değerler elde edilebilecektir.

Sonuç olarak, iklim değişikliği ile ortaya çıkan kuraklık ve ihtiyaçlardaki sürekli artış dikkate alındığında Türkiye’de su ile ilgili çalışmalara önem verilmelidir. Bu alışma, ülke düzeyinde veya bölgesel olarak debi ile su kalitesi arasındaki ilişkilere ışık tutması amacıyla yürütülmüştür. Uzun dönemli araştırmalar sonucu elde edilen verilerin daha sağlıklı sonuçlar üreteceği anlaşılmıştır. Bu tür çalışmalar desteklenmeli ve teşvik edilmelidir. Makro ve mikro havza düzeyinde araştırmalar derinleştirmeli, üretilen suyun miktar ve kalitesini etkileyen faktörler havza bazında ve bölgesel olarak incelenmelidir.

## KAYNAKLAR

- Akyürek, B., Bilginer, E., Çatal, E., Dağar, Z., Soysal, Y., Sunu, O. 1980. Eldivan-Şabanözü(Çankırı), Hasayaz-Çandır(Kalecik-Ankara) Dolayının Jeolojisi. MTA Derleme Raporu No: 6741, Ankara.
- Anonim, 1974. Kızılırmak Havzası Toprakları, Köy İşleri ve Kooperatifler Bakanlığı Yayınları, Topraksu Genel Müdürlüğü, V. Daire Başkanlığı Toprak Etütleri Fen Heyeti Müdürlüğü, Raporlar Serisi:71, Ankara.
- Anonim, 1991. Çevre Bakanlığı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği, 7 Ocak 1991 tarih ve 20748 sayılı Resmi Gazete. Ankara.
- Anonim, 1997. TS 266-Türk İçme Suyu Standartları Türk Standartları Enstitüsü, 18Ekim1997 tarih ve 23147 sayılı Resmi Gazete. Ankara.
- Anonim, 2005. Sağlık Bakanlığı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, 17 Şubat 2005 tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazete. Ankara.
- Anonim, 2011a. Çankırı-Çerkeş Meteoroloji Bülteni, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji Müdürlüğü Kayıtları, Ankara.
- Anonim, 2011b. Çankırı (Orta, Çankırı, Kalecik, Çubuk) Meteoroloji Bülteni, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Devlet Meteoroloji Müdürlüğü Kayıtları, Ankara.
- Anonim, 2011c. Çankırı-Merkez Meteoroloji Bülteni, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji Müdürlüğü Kayıtları, Ankara.
- Anonim, 2011d.2007–2017 Amenajman Planı, Ankara Orman Bölge Müdürlüğü, Çankırı Orman İşletme Müdürlüğü, Şabanözü Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı
- Aslan, T. A. 2005. Coğrafi Bilgi Sistemi Olanakları ile Bazı Havza Özelliklerinin Belirlenmesi. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 8(2), Kahramanmaraş.
- Atalay, İ. 1986. Uygulamalı Hidrografya. Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları No: 38, İzmir.
- Atalay, İ. 2006. Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü Yayını, 3.Baskı, Ankara.
- Aydeniz, A. 1985. Toprak Amenajmanı. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 928, Ankara.
- Aydın, M. 2009. Gümüşhane-Torul Barajı Yağış Havzasında Arazi Kullanımına Göre WEPP (Water Erosion Prediction Project) Modeli ile Toprak Kayıplarının Belirlenmesi ve Alınması Gereken Önlemler. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Yayın No: 9 (1), Sayfa: 54–65, Kastamonu.
- Bakır, H.,Coşkun, T., Birhan, H., Daşcı, E., Özlü, A., Çakal, M. A., Öztaş, T. 2008. Erzurum-Ilıca-Sinirbaşı Deresi Havzası Yağış ve Akımlarının Araştırılması. Erzurum Kar Hidrolojisi Konferansı, 27-28Mart 2008, Erzurum.
- Barbour, M.T., Stribling, J.B., Verdonschot, F.M. 2006. The Multihabitat Approach of USEPA's Rapid Bioassessment Protocols: Benthic Macroinvertebrates. Limnetica, 25 (3): 839–850.
- Bhatti, M. T.,Latif, M. 2009.Assessment of Water Quality of A River Using an Indexing Approach During the Low-Flow Season.Irrigation and Drainage, 60, 103–114.

- Birhanu, B. Z., Mkhandi, S. F., Mtaló, W., Kachroo, R. K. 2007 Hydrological Study of Hydropower and Downstream Water Release. International Conference on Small Hydropower - Hydro Sri Lanka, 22–24.
- Brilly, M., Kobold, M., Vidmar, A. 1997. Water Information Management System and Low Flow Analysis in Slovenia. FRIEND '97 - Regional Hydrology: Concepts and Models for Sustainable Water Resource Management. Proceedings from the International Conference, 246: 117–124.
- Browne, T. J. 2003. Derivation of a Geological Index for Low Flow Studies. *Catena*, 8(3–4), 265–280.
- Burt, T., Pinay, G., Sabater, S. 2010. Ecohydrology Bearings-Invited Commentary: What Do We Still Need to Know About the Ecohydrology of Riparian Zones? *Ecohydrology*, 3, 373–377.
- Büyükıldız, M., Berktaş, A. 2004. Parametrik Olmayan Testler Kullanılarak Sakarya Havzası Yağışlarının Trend Analizi. *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg.*, c.19, s.2.
- Castiglioni, S., Castellari, A., Montanari, A. 2009. Prediction of Low-Flow Indices in Ungauged Basins Through Physiographical Space-Based Interpolation. *Journal of Hydrology*, 378 (3–4), 272–280.
- Castiglioni, S., Castellari, A., Montanari, A., Skøien, J. O., Laaha, G., Blöschl, G. 2010. Geostatistical Regionalization of Low-Flow Indices: PSBI and Top-Kriging. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 7, 7231–7261.
- Cebe, E. N. 2007. Türkiye Akarsularında Mevsimsel Trend Analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ceylan, A., Akgündüz, S., Demirörs, Z., Erkan, A., Çınar, S., Özevren, E. 2009. Aridity Index Kullanılarak Türkiye’de Çölleşmeye Eğilimli Alanlardaki Değişimin Belirlenmesi. I. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, 16-18 Haziran 2009, Konya.
- Cıgızoğlu, H. K., Bayazıt, M., Önöz, B. 2004. Trends in the Maximum, Mean, and Low Flows of Turkish Rivers. *Journal of Hydrometeorology*, Volume 6.
- Clesceri, L., Greenberg, A. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, 20th Edition, Washington, DC.
- Çepel, N. 1995. Orman Ekolojisi. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, Üniversite Yayın No: 3886, ISBN 975–404–398–1, İstanbul.
- Davie, T. 2008. Fundamentals of Hydrology. Taylor and Francis Group, New York.
- Dinnel, S. P., Bratkovich, A. 1993. Water Discharge, Nitrate Concentration and Nitrate Flux in the Lower Mississippi River. *Journal of Marine Systems*, Volume 4, Issue 4, Pages 315–326.
- EPA. 1998. Safe Drinking Water is in Our Hands Existing Standards and Future Priorities-Environmental Protection Agency-Office of Water. USA.
- EPA. 2003. Guideline for Environmental Management Rapid Bioassessment Methodology for Rivers and Streams. Publication 604.1, ISBN 0 7306 7637 4.
- Fetter Jr., C. W. 2007. Statistical Analysis of the Impact of Ground Water Pumpage on Low-Flow Hydrology. *Journal of the American Water Resources Association*, 13 (2), 309–324.
- Fleig, A. 2004. Hydrological Drought – A Comparative Study Using Daily Discharge Series from Around the World. Msc Thesis, Institut für Hydrologie, Freiburg.

- Gökbülak, F., Serengil, Y., Özhan, S., Özyuvacı, N., Balcı, N. 2007. Effect of Timber Harvest on Physical Water Quality Characteristics. *Water Resources Management*, Volume 22, Number 5, 635–649.
- Göksu, M. Z. L. 2003. Su Kirliliği. Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, Yayın No:7, Nobel Kitabevi, Adana.
- Göl, C. 2002. Çankırı-Eldivan Yöresinde Arazi Kullanım Türleri ile Bazı Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Ankara.
- Gümüş, V., Yenigün, K. 2006. Aşağı Fırat Havzası Akımlarının Trend Analizi İle Değerlendirilmesi. Yedinci Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi, 11–13 Ekim 2006 Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Hammer, H. J., Kichen, K. A. M. 1981. *Hydrology and Quality of Water Resources*. John Willey and Sons, New York, Brisbane, Toronto.
- Hızal, A. 1984. Hava Fotoğrafları Yorumlamasının Havza Amenajmanı (Ova Deresi Havzası, Kocaeli) Çalışmalarında Uygulanma Olanaklarının Araştırılması. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü.Yayın No: 3144, O.F. Yayın No: 341, İstanbul.
- Hughes, D.L., Gore, J.A., Brossett, M.P., Olson, J.R., 2009. *Rapid Bioassessment of Stream Health*. ISBN: 9781420090918
- Igbinsa, E. O., Okoh, A. I. 2009. Impact of Discharge Wastewater Effluents on the Physico-Chemical Qualities of a Receiving Watershed in a Typical Rural Community. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 6 (2), 175-182.
- Interlandi, S. J., Crockett, C. S. 2003. Recent Water Quality Trends in the Schuylkill River, Pennsylvania, USA: A Preliminary Assessment of the Relative Influences of Climate, River Discharge and Suburban Development. *Water Res.*, 37(8): 1737-48.
- Jones, C., Palmer, R. M., Motkaluk, S., Walters, M. 2002. *Watershed Health Monitoring Emerging Technologies*. Lewis Publishers, USA.
- Kahya, E., Kalaycı, S. 2004. Trend Analysis of Streamflow in Turkey. *Journal of Hydrology*, 289(1–4):128–144.
- Kalaycı, S., Kahya, E., 1998. Detection of Water Quality Trends in the Rivers of the Susurluk Basin. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences (in Turkish)* 22, 503–514.
- Kalyoncu, H., Barlas, M., Ertan, Ö. O., Gülboy, H. 2004. Ağlasun Deresi'nin Su Kalitesinin Fizikokimyasal Parametrelere ve Epilitik Algere Göre Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, Cilt II, Sayı XII, 7–14.
- Kalyoncu, H., Yorulmaz, B., Barlas, M., Yıldırım, M. Z., Zeybek, M. 2008. Aksu Çayı'nın Su Kalitesi ve Fizikokimyasal Parametrelerinin Makroomurgasız Çeşitliliği Üzerine Etkisi. *Fırat Üniversitesi, Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, 20 (1), 23-33.
- Kara, C., Çömlekçiöğlü, U. 2004. Karaçay (Kahramanmaraş)'ın Kirliliğinin Biyolojik ve Fiziko-Kimyasal Parametrelerle İncelenmesi. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(1).
- Kartal, S. K., Erkul, H., Sarıgül, E. 2008. Kızılırmak Havzası ile İlişkisi Bakımından Çankırı Acı Çay Alt Havzası'nda Su Yönetimi. *Kuraklık ve Su Yönetimi Toplantısı Bildiri Kitabı*, DSİ Yayını, 49–63, Ankara.



- Keleş, S. 2003. Ormanların Su ve Odun Üretimi Fonksiyonlarının Doğrusal Programlama Tekniği ile Optimizasyonu (Karanlıkdere Planlama Birimi Örneği). Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kubo, N., Yazawa, Y., Kataoka D., Giang, H. N. 2006. Effect of Fresh Water River Discharge on Salinity Intrusion in the Lower Mekong River, 3rd Asian Regional Conference, Kuala Lumpur.
- Kurunç, A., Yürekli, K., Yutseven, E. 2005. Determination of Sudden Changes in Time Series of Yesilirmak River-Durucasu Water Quality Records. *Journal of Applied Sciences*, Volume5, pp. 122–126.
- Lee, A. A., Kelley, R., Kress, M. R. 2005. The Use of Rapid Bioassessment Protocols for Long-Term Monitoring on Department of Defense Installations. *Federal Facilities Environmental Journal*, 16 (1), 109–120.
- Lee, R. 1980. *Forest Hydrology*. Columbia University Press, New York.
- Lenat, D. R., Crawford, J. K. 1994. Effects of Land Use on Water Quality and Aquatic Biota of Three North Carolina Piedmont Streams. *Hydrobiologia*, Volume 294, Number 3, 185-199.
- Liua, W. C., Chenb, W. B., Chengc, R. T., Hsud, M. H., Kuo, A. Y. 2007. Modeling the Influence of River Discharge on Salt Intrusion and Residual Circulation in Danshuei River Estuary. *Continental Shelf Research*, Volume 27, Issue 7, Pages 900-921, Taiwan.
- Mamun, A. A., Hashim, A., Daoud, J. I. 2009. Regionalisation of Low Flow Frequency Curves for the Peninsular Malaysia. *Journal of Hydrology*, 381, 174–180.
- Manoochehri, H., Abedi, M., Hashemi, M., Boustani, F. T. 2010. An Assessment of Fish Processing Plant Discharge Effluent on the Tizab River. *World Academy of Science, Engineering and Technology* (7), 10.
- McCartney, M. P., Shiferaw, A., Seleshi, Y. 2009. Estimating Environmental Flow Requirements Downstream of the Chara Chara Weir on the Blue Nile River. *Hydrological Processes*, DOI: 10.1002/hyp.7254.
- Metcalf, R. A., Smakhtin, V. Y., Krezek, C. 2003. *Simulating and Characterising Natural Flow Regimes*. Waterpower Project Science Transfer Report 1.0, Ontario Ministry of Natural Resources, 14p.
- Meynendonckx, J., Heuvelmans, G., Muys, B., Feyen, J. 2006. Effects of Watershed and Riparian Zone Characteristics on Nutrient Concentrations in the River Scheldt Basin, *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 3, 653–679.
- Mijuskovic–Svetinovic, T., Maricic, S. 2008. Low Flow Analysis of the Lower Drava River. XXIVth Conference of the Danubian Countries, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 4, 012011, IOP Publishing.
- MTA, 2011 [http://www.mta.gov.tr/mta\\_web/kutuphane/mtadergi/712\\_1.pdf](http://www.mta.gov.tr/mta_web/kutuphane/mtadergi/712_1.pdf), Erişim Tarihi: 19.06.2011
- Munsuz, N., Ünver, İ. 1995. Su Kalitesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 1389, Ankara.
- Ogunkaya, O. O. 1989. Discharge-Duration Patterns of Some Small Streams in Southwestern Nigeria. *Journal of African Earth Sciences*, 9: 701–710, Netherlands.
- Öner, N. Özden, S. Birben, Ü. 2010. Relationship Between a Natural Monumental Stand in Turkey and Local Beliefs. *Journal of Environmental Biology*, 31, 149–155.

- Önöz, B., Bayazit, M. 2003. The Power of Statistical Tests for Trend Detection. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 27:247–251.
- Özhan, S. 2004. Havza Amenajmanı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No:4510, Orman Fakültesi Yayın No: 481; ISBN: 975–404–739-1 İstanbul.
- Pataki, D. E., Boone, C. G., Hogue, T. S., Jenerette, G. D., McFadden, J. P., Pincetl, S. 2011. Ecohydrology Bearings-Invited Commentary Socio-Ecohydrology and the Urban Water Challenge. *Ecohydrology*, 4(2), 341–347.
- Petts, G. E., Bickerton, M. A., Crawford, C., Lerner, D. N., Evans, D. 1997. Flow Management to Sustain Groundwater-Dominated Stream Ecosystems. *Hydrological Processes*, 13: 497–513.
- Pyrce, R. 2004. Hydrological Low Flow Indices and Their Use. Ph. D. Theise, Trent University, Watershed Science Centre, Ontario.
- Rak, A. E., Said, I., Mohamed, M. 2010. Effect of River Discharge Fluctuation on Water Quality at Three Rivers in Endau Catchment Area, Kluang, Johor. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(9): 4240–4249, ISBN 1991–8178, Insinet Publication.
- Riggs, H. C., Caffey, J. E., Orsborn, J. F., Schaake, J. C., Singh, K. P., Wallace, J. R. 1980. Characteristics of Low Flows (Task Committee of Low-Flow Evaluation, Methods, and Needs of the Committee on Surface-Water Hydrology of the Hydraulics Division). *Journal of the Hydraulics Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, 106: 717–731.
- Rivera-Ramirez, H. D., Warner, G. S., Scatena, F. N. 2002. Prediction of Master Recession Curves and Baseflow Recessions in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. *Journal of the American Water Resources Association*, 38: 693–704, USA.
- Ryu, J. H., Lee, J. H., Jeong, S., Park, S. K., Han, K. 2011. The Impacts of Climate Change on Local Hydrology and LowFlow Frequency in the Geum River Basin, Korea. *Hydrological Processes*, DOI: 10.1002/hyp.8072.
- Safonov, I. P., Kovalenko, A. N. 1993. Thermal Effect of Hydro-Electric Power Stations on the Environment. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 65 (1), 700.
- Sefe, F. T. K. 2006. Some Aspects of the Hydrology of One-Day Annual Minimum Low Flows of Malawian Rivers. *Hydrological Processes*, 2 (1), 75–91.
- Serengil, Y., Gökbülak, F., Özhan, S., Hızal, A., Şengönül, K. 2007. Alteration of Stream Nutrient Discharge with Increased Sedimentation Due to Thinning of a Deciduous Forest in Istanbul. *Forest Ecology and Management*, 246, 264-272.
- Sierra, J. P., Sanchez-Arcilla, A., Figueras, P. A., Gonza'lez Del Ri'ó, J., Rassmussen, E. K., Mosso, C. 2004. Effects of Discharge Reductions on Salt Wedge Dynamics of the Ebro River. *River Research and Applications*, 20: 61–77.
- Sigleo, A. C., Frick, W. E. 2007. Seasonal Variations in River Discharge and Nutrient Export to A Northeastern Pacific Estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* Volume 73, Issues 3-4, Pages 368-378.
- Skop, E., Loaiciga, H. A. 1998. Investigating Catchment Hydrology and Low Flow Characteristics Using GIS. *Nordic Hydrology*, 29(2), pages 105–128.
- Smakhtin, V. Y. 2001. Low Flow Hydrology: A Review. *Journal of Hydrology*, 240: 147–186.

- Susfalk, R. B., Fitzgerald, B., Knust, A. M. 2008. Characterization of Turbidity and Total Suspended Solids in the Upper Carson River, Nevada. DHS Publication, No: 41242.
- Şengüler, İ. 2007. Orta-Şabanözü (Çankırı) Yöresinin Jeolojisi ve Kömür Potansiyeli. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 31 (1), 15–24.
- Tafangenyasha, C., Dzinomwa, T. 2005. Land-Use Impacts on River Water Quality in Lowveld Sand River Sytems in Southeast Zimbabwe, *Land Use and Water Resources Research*, 5, 3.1–3.10.
- Teker, A. 1985. Hidrometri – Teori – Tatbikat – Örnekler. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı DSİ Genel Müd. Etüd ve Plan Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Tennant, D. L., 1976. Instream Flow Regimens For Fish, Wildlife, Recreation and Related Environmental Resources. *Fisheries*, 1: 6–10.
- Tharme, R. E. 2003. A Global Prespective on Environmental Flow Assessment: Emerging Trends in the Development and Application of Environmental Flow Methodologies for Rivers. *River Research and Applications*, 19: 397–441.
- Thorntwaite, C. W., Mather, J. R. 1957. Instructions and Tables for the Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance. *Publications in Climatology*, X(3):311.
- Topaloğlu, F. 1999. Seyhan Havzası Akarsularında Taşkınların Büyüklük ve Frekanslarının Tahmini İçin Uygun Bir Yöntemin Araştırılması. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi No: 524, Temmuz, 219s., Adana.
- Topaloğlu, F., 2006. Regional Trend Detection of Turkish River Flows. *Nordic Hydrology*, 37 (2):165–182.
- Türkeş, M., Akgündüz, A. S., Demirörs, Z. 2009. Palmer Kuraklık İndisi'ne Göre İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü'ndeki Kurak Dönemler ve Kuraklık Şiddeti. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7 (2), 129-144.
- Türkmen, G., Kazancı, N. 2008. Water Quality Evaluation of Reference Sites by Using Saprobic İndex in Some Running Waters in the Province of Bolu. *Review of Hydrobiology*, 2: 93–118.
- Türkmenoğlu, A. G., Akıman, O., Aker, S. Tankut, A. 1991. Orta (Çankırı) Yöresi Kil Yataklarının Jeolojisi ve Oluşumu. *MTA Dergisi*, 113, 127–132.
- Usul, N. 2008. Mühendislik Hidrolojisi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, ODTÜ Yayıncılık, Ankara.
- Whitehead, P., Wade, A., Butterfield, D., 2008. Potential Impacts of Climate Change on Water Quality in Six UK Rivers. BHS 10th National Hydrology Symposium, 409–415, Exeter.
- WHO., 1993. Guidelines for Drinking Water Quality,. Vol. 1., Secon Edition, World Health Organization. Geneva.
- Yalçın, H., Gürü, M. 2002. Su Teknolojisi. Palme Yayıncılık, Ankara.
- Yang, T., Hao, Z. C., Sun, L. M. 2009. Recognition the Spatio-Temporal Patterns of Low-Flow Changes in the Yellow RiverOver the Last Half Century. Sixth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 593–598.
- Yaseef, N. R., Yakir, D., Rotenberg, E., Schiller, G., Cohen, S. 2010. Ecohydrology of a Semi-Arid Forest: Partitioning Among Water Balance Components and Its Implications for Predicted Precipitation Changes. *Ecohydrology*, 3(2), 143–154.

- Yin, K., Harrison, P. J., Pond, S., Beamish, R. J. 1995. Entrainment of Nitrate in the Fraser River Estuary and Its Biological Implications. II. Effects of Spring vs. Neap Tides and River Discharge, *Coastal and Shelf Science* 40, 529–544.
- Yue, S., Wang, C. 2002. Regional Streamflow Trend Detection with Consideration of Both Temporal and Spatial Correlation. *International Journal of Climatology*, 22(8):933–946.
- Yue, S., Wang, C. 2004. The Mann-Kendall Test Modified by Effective Sample Size to Detect Trend in Serially Correlated Hydrological Series. *Water Resources Management*, Volume: 18, pages 201–218.
- Yulianti, J. S., Burn, D. H. 1998. Investigating Links Between Climatic Warming and Low Streamflow in the Prairies Region of Canada. *Canadian Water Resources Journal*, 23: 45–60.
- Zappia, H., Hayes, D. C., 1998. A Demonstration of the Instream Flow Incremental Methodology, Shenandoah River, Virginia, U.S. Geological Survey. *Water-Resources Investigations Report*, 98–4157.
- Zhang, L., Zhao, F., Brown, A., Chen, Y., Davidson, A., Dixon, R. 2010. Estimating Impact of Plantation Expansions on Streamflow Regime and Water Allocation. *Water for a Healthy Country Flagship Report Series*, ISSN: 1835-095X, Australia.
- Zhang, S., Zheng, J., Liu, T. T., Zeng, F. H., Fu, Y. C., Huan, J. K. X. 2009. Seasonal Variation and Output of Nutrient in Tributaries of Three Gorges Reservoir. *Medline*, 30(1): 58-63., PMID: 19353857.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Semih EDİŞ  
Doğum Yeri : Kırklareli/Merkez  
Doğum Tarihi : 12.03.1985  
Medeni Hali : Bekar  
Yabancı Dili : ÜDS:61.250

Adres : Çankırı Karatekin Üniversitesi  
Orman Fakültesi  
Tel : 0 376 212 27 57  
E-posta : semihedis@karatekin.edu.tr

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Kırklareli Anadolu Lisesi (2001-2003)  
Lisans : Abant İzzet Baysal Üniversitesi Orman Fakültesi (2003-2007)  
Yüksek Lisans : Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı (2009- )

### Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Çankırı Karatekin Üniversitesi – Araştırma Görevlisi – 2009 – Devam ediyor.

### Yayınlar:

#### Uluslararası İndekslere Giren Dergilerdeki Makaleler

1. Dengiz, O. Göl, C. Sarioğlu, F. E. Ediş, S., 2010. Parametric approach to land evaluation for forest plantation: A methodological study using GIS model. Vol. 5(12), pp. 1482-1496. African Journal of Agricultural Research .
2. Göl, C. Çakır, M., Ediş, S., Yılmaz, H., 2010. The effects of land use/land cover change and demographic processes (1950-2008) on soil properties in the Gökçay catchment, Turkey, . African Journal of Agricultural Research Vol. 4(13), 1670-1677.

### Ulusal Hakemli Dergilerdeki Makaleler

1. Göl, C., Ediş, S., 2010. Ilgaz Dağı Güney Yamacındaki Farklı Orman Kuruluşlarındaki Toprak Özelliklerinin Değişimi. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Cilt 6, Sayı 2, 40-54.

### Uluslararası Kongre/Sempozyum Bildirileri

1. Göl, C. Ediş, S. Yılmaz, H. , 2011. Water Harvesting in Rural Micro-Watersheds . Research People and Actual Tasks on Multidisciplinary Sciences, Third International Conference, Bulgarian National Multidisciplinary Scientific Network of the Professional Society for Research Work, Vol. 3, P: 10-15, Lozenec, Bulgaria 8-10 June 2011.
2. Göl, C., Yılmaz, H., Ediş, S. , 2010. Land use effects on some soil properties in a semi-arid ecosystem (Middle North Anatolia), . International Soil Science Congress on “Management of Natural Resources to Sustain Soil Health and Quality, Ondokuz Mayıs University and The Soil Science Society of Turkey, May 26 – 28, 2010, SAMSUN-TURKEY..
3. Göl, C., Yılmaz, H., Ediş, S., Dengiz, O., 2010. Effects of physiographic factors and some hydro-physical soil properties on river follow in Ovacikyayla river catchment. International Soil Science Congress on “Management of Natural Resources to Sustain Soil Health and Quality, Ondokuz Mayıs University and The Soil Science Society of Turkey, May 26 – 28, 2010, SAMSUN-TURKEY.
4. Ediş, S. Uygur, B. and Serengil, Y, 2010. Stream ecohydrological surveys to evaluate the impacts of watershed land use. COST Action FP 0601 FORMAN - 7th Science Workshop (Forests and abundance of water- focus on boreal forests and peatlands.).

### Ulusal Kongre/Sempozyum Bildirileri

1. Eşen, D., Yıldız, O., Kulaç, Ş., Esen, U., Ediş, S., Çetintaş, C. 2011. Değerli Yapraklı Bir Tür Yabani Kirazın [*Cerasus avium* (L.) Moench] Ekolojisi ve Silvikültürü. Ekoloji 2011 Sempozyumu.
2. Ediş, S., Göl, C., 2011. Türkiye Su Kaynakları Yönetiminde İki Yeni Kavram; Ekohidroloji ve Hidroekoloji. Ekoloji 2011 Sempozyumu.
3. Göl, C. Yılmaz, H. Ediş, S., 2010. Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanı Topraklarının Bazı Özellikleri Ve Sınıflandırması. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20–22 Mayıs 2010, Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Artvin.
4. Ediş, S., Göl, C., Yılmaz, H., 2010. Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve Türkiye Su Mevzuatı Uyum Süreci. Çölleşme İle Mücadele Sempozyumu, 17-18 Haziran, Çorum.

5. Göl, C., Ediş, S., Yılmaz, H., 2010. Bütünsel Havza Yönetimi Anlayışı Kapsamında Acıçay Havzasının İdari Ve Yasal Sorunları. Çölleşme İle Mücadele Sempozyumu, 17-18 Haziran, Çorum.
6. Ediş, S. ve Toprak, B., 2008. “Düzce Orman İşletme Müdürlüğünde Oluşan Olağanüstü Hasılat Etasının Etkileri”. VI. Ulusal Orman Fakülteleri Öğrenci Kongresi .
7. Toprak, B., Ediş, S., 2008. “Doğal ve Yapay Kızılcım Meşcerelerinde Artım ve Büyüme İlişkilerinin Karşılaştırılması”. VI. Ulusal Orman Fakülteleri Öğrenci Kongresi.
8. Toprak, B., Ediş, S., 2008. “Çanakkale (Ezine) Orman Fidanlığındaki Yetiştirme Ortamının İrdelenmesi (Poster Sunum)”. VI. Ulusal Orman Fakülteleri Öğrenci Kongresi..
9. Yılmaz, H., Göl, C., Ediş, S., 2010. Su Kaynakların Planlanmasında Havza Karakteristiklerinin Belirlenmesinin Önemi. 1. Ulusal Su Kaynakları Yönetim Sempozyumu.
10. Ediş, S., Göl, C., Yılmaz, H. , 2010. Arazi ve Su Kaynakları Yönetiminde Yasal ve Yönetimsel Sorunlar; Tatlıçay Havzası Örneği. 1. Ulusal Su Kaynakları Yönetim Sempozyumu.

#### Devam Eden Araştırma Projeleri

1. Göl, C., Serengil, Y., Ediş, S.. 2011-2012. Yarı Kurak Havzalarda Düşük Akışların Analizleri (Lisansüstü Tez Projesi) (Destekleyen Kuruluş: Çankırı Karatekin Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri)

#### Tamamlanmış Araştırma Projeleri

1. Esen, D., Yıldız.O, Edis, S. (Bursiyer), Esen, U.. 2008-2010. Ekolojik ve Ekonomik (Odun) Bakımdan Değerli Doğal Yapraklı Bir Türümüz Olan Yabani Kirazın (*Cerasus avium L.*) Yetiştirilmesi, COST E42 106 O 817, (Proje Araştırmacı) (Destekleyen Kuruluş: TÜBİTAK-TOVAG)