

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS) KULLANILARAK TRABZON İLİ SÖĞÜTLÜ  
(KALANİMA) DERESİ SU KALİTESİ PARAMETRELERİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jeo. Müh. Duygu KARAGÜLLÜ**

**HAZİRAN 2015**

**TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS) KULLANILARAK TRABZON İLİ SÖĞÜTLÜ  
(KALANİMA) DERESİ SU KALİTESİ PARAMETRELERİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Duygu KARAGÜLLÜ**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce  
“JEOLOJİ YÜKSEK MÜHENDİSİ”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 26 / 05 / 2015**

**Tezin Savunma Tarihi : 10 / 06 / 2015**

**Tez Danışmanı : Yrd.Doç. Dr. Arzu FIRAT ERSOY**

**Trabzon 2015**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında  
Duygu KARAGÜLLÜ Tarafından Hazırlanan**

**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS) KULLANILARAK TRABZON İLİ SÖĞÜTLÜ  
(KALANİMA) DERESİ SU KALİTESİ PARAMETRELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

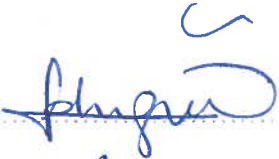


**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 26/ 05/ 2015 gün ve 1604 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak kabul edilmiştir.**

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Doç. Dr. Fatma GÜLTEKİN**

**Üye : Yrd. Doç. Dr. Arzu FIRAT ERSOY**

**Üye : Yrd. Doç. Dr. Serhat DAĞ**

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**

**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Yapılan bu tez çalışması Türkiye'deki su yönetiminin kurumsal yapısını dikkate alınarak Trabzon Söğütlü (Kalanima) Havzası yerüstü su kalitesi problemlerini değerlendirme amacı taşımaktadır. Dere suyunda meydana gelen fiziksel parametreler, anyon katyonlar, iz element ve kirlilik parametreler arası değişimler irdelenmiştir. Bu değerlendirmeler 'Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları' yardımıyla karşılaştırılmış ve Söğütlü Deresi'nin su kalitesi belirlenmiştir.

Bu tez çalışması Türkiye Çevre Koruma Vakfı adına çevre konu başlıklı 'Türkiye'de Su Yönetimi'nin kurumsal yapısına ilişkin tespitler ve öneriler' burs konusu adı altında hazırlanmıştır. Türkiye Çevre Koruma Vakfı (zaman kısıtlaması olmadan) kullanım ve paylaşım hakkına sahip olacaktır. Beni bursiyer öğrenci olarak kabul eden TÜÇEV' e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince çalışmamın tamamlanmasında beni yönlendiren ve önerilerini esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Arzu FIRAT ERSOY'a, değerli hocam Doç. Dr. Hakan ERSOY'a teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen anne ve babam başta olmak üzere tüm aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Duygu KARAGÜLLÜ

## **TEZ ETİK BEYANNAMESİ**

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Kullanılarak Trabzon ili Söğütlü (Kalanima) Deresi Su Kalitesi Parametrelerinin Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Yrd.Doç. Dr. Arzu FIRAT ERSOY’un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 10/06/2015

Duygu KARAGÜLLÜ

## İÇİNDEKİLER

	<u>Saya No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VIII
SUMMARY .....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Amaç ve Kapsam.....	2
1.3. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu .....	3
1.4. Yerleşim ve Ulaşım .....	5
1.5. Morfoloji.....	5
1.6. İklim ve Bitki Örtüsü.....	5
1.7. Literatür Özeti.....	6
1.8. Bölgesel Jeoloji.....	8
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	9
2.1. Arazi Çalışmaları.....	9
2.2. Laboratuvar Çalışmaları .....	10
2.3. İnceleme Alanına Ait Verilerin Toplanması, Analizi ve Haritalanması Bilgi Sisteminin Uygulanması.....	10
2.3.1. DEM Haritasından Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), Eğim Haritası ve 3 Boyutlu Arazi Modeli (TIN) Oluşturulması .....	10
2.3.2. Havza Parametrelerinin Belirlenmesi .....	14
2.4. Su Kalitesi Verilerinin Depolanması ve Analiz işlemleri .....	19
2.4.1. Jeostatiksel Analiz .....	19
2.4.1.1. Kriging Yöntemi.....	21
2.4.1.2. Doğal Komşuluk Enterpolasyon Tekniği (Natural Neighbors Interpolation) ...	21
2.4.1.3. Spline Enterpolasyon Tekniği .....	21

2.4.1.4.	Ters Ağırlıklı Mesafe (IDW) yöntemi.....	22
3.	BULGULAR .....	23
3.1.	Çalışma Alanı ve Çevresinin Jeolojisi.....	23
3.1.1.	Giriş .....	23
3.1.1.1.	Hamurkesen Formasyonu .....	25
3.1.1.2.	Berdiga Formasyonu.....	25
3.1.1.3.	Çatak Formasyonu .....	26
3.1.1.4.	Kızılkaya Formasyonu.....	26
3.1.1.5.	Çağlayan Formasyonu .....	27
3.1.1.6.	Bakırköy Formasyonu .....	27
3.1.1.7.	Kabaköy Formasyonu.....	27
3.1.1.8.	Kaçkar Granitoidleri .....	28
3.1.1.9.	Beşirli Formasyonu .....	28
3.1.1.10.	Alüvyonlar .....	29
3.2.	Söğütlü Havzası Yüzey Sularının Kalitesi .....	29
3.2.1.	Giriş .....	29
3.2.2.	Suların Hidro-Kimyasal Özellikleri.....	30
3.2.2.1.	Fiziksel Parametreler Ve Ana Anyon, Katyonlar .....	30
3.2.2.1.1.	Sıcaklık (T°C).....	32
3.2.2.1.2.	Ph.....	32
3.2.2.1.3.	Çözünmüş Oksijen (DO) .....	33
3.2.2.1.4.	Elektriksel İletkenlik (Eİ) .....	34
3.2.2.1.5.	Toplam Çözünmüş Madde (TDS) .....	35
3.2.2.1.6.	Sertlik.....	36
3.2.2.1.7.	Sodyum (Na).....	37
3.2.2.1.8.	Sülfat İyonu (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ).....	37
3.2.2.1.9.	Klorür İyonu (Cl <sup>-</sup> ).....	38
3.2.2.1.10.	Alkalinite (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	39
3.2.2.2.	İz Elementler.....	40
3.2.2.2.1.	Demir (Fe) ve mangan (Mn).....	40
3.2.2.2.2.	Alüminyum (Al) .....	42
3.2.2.2.3.	Bakır (Cu).....	42
3.2.2.2.4.	Kurşun (Pb).....	43

3.2.2.2.5. Kobalt (Co).....	44
3.2.2.2.6. Nikel (Ni).....	44
3.2.2.2.7. Kadmiyum (Cd).....	45
3.2.2.2.8. Arsenik (As) .....	45
3.2.2.2.9. Krom (Cr) .....	46
3.2.2.2.10. Florür (F <sup>-</sup> ) .....	47
3.2.2.3. Kirililik Parametreleri.....	48
3.2.2.3.1. Nitrit Azotu(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) .....	49
3.2.2.3.2. Nitrat Azotu (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	49
3.3. Söğütlü Deresi Örnek Noktalarına Ait suların Sınıflandırılması.....	50
3.3.1. IDW Yöntemi Kullanılarak Oluşturulan Su kalitesi Parametreleri .....	51
4. İRDELEME VE TARTIŞMA .....	65
4.1. Giriş .....	65
4.2. Söğütlü Deresi 2009 ve 2015 Yıllarında Sularının Kalitesini Etkileyen Parametreler.....	65
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	71
7. KAYNAKLAR.....	75
ÖZGEÇMİŞ	



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS) KULLANILARAK TRABZON İLİ SÖĞÜTLÜ  
(KALANİMA) DERESİ SU KALİTESİ PARAMETRELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Duygu KARAGÜLLÜ

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Yrd.Doç. Dr. Arzu FIRAT ERSOY  
2015, 79 Sayfa

Tüm canlıların yaşam kaynağı olan ve içme, sulama, enerji ve birçok amaçlar için kullanılan suya olan gereksinim sürekli artmaktadır. Su kaynaklarının plansız kullanımı günümüzde en önemli problemlerden biridir. Aşırı kullanım nedeniyle su kaynakları çevresel faktörlerden olumsuz etkilenmekte ve kirlenmektedir. Bu çerçevede su kaynaklarının yönetimi havza bazında sadece su miktarı yönünden değil kalitesi açısından da önemlidir. Bu çalışmada, Söğütlü Deresi ve yan kollarında 17 farklı noktadan alınan su örneklerinin hidrojeokimyasal özellikleri belirlenmiş, konumsal analiz teknikleri kullanılarak havza farklı parametreler açısından sınıflandırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, önceki çalışmalarda elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış, yıllar içinde gelişen su kalitesindeki değişim irdelenmiştir. Söğütlü Deresinde çözünmüş oksijen değerleri 2.76-11.24 mg /L arasındadır ve güneyden sahil şeridine doğru azalma göstermiştir. Sertlik 50.75-218 mg/L arasında olup değerler açısından ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’ na göre ‘Çok Sert’ sular sınıfında yer almaktadır. Havzada pH 6.63-7.5, elektriksel iletkenlik 61-258µS/cm ve toplam çözünmüş katı madde 58-223 mg/L arasında değişmektedir. Söğütlü Deresi yüzey suyu ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’ na göre demir ve mangan açısından II ve III. Sınıf, alüminyum açısından IV. Sınıf sular sınıfında bulunmaktadır. Nitrit açısından bazı ölçüm noktalarında IV. Sınıf, nitrat açısından II ve III. Sınıf sular sınıfındadır. Demir, mangan, alüminyum, kurşun, nitrit ve nitrat parametrelerinin çevre şartlarından olumsuz etkilenerek sınır değerini aştığı tespit edilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar Söğütlü Havzası’nda daha önce yapılmış olan çalışmalarla karşılaştırıldığında, yüzey sularında demir, alüminyum, mangan, nitrit ve nitrat parametrelerinde artış, nikel, bakır ve kurşun parametrelerinde ise azalma görüldüğü ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Su kalitesi, Fiziksel ve Kimyasal parametreler, CBS, IDW, Söğütlü Dere

Master Thesis

SUMMARY

EVALUATION OF WATER QUALITY PARAMETERS OF TRABZON PROVINCE  
SÖĞÜTLÜ (KALANİMA) BASIN USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (GIS)

Duygu KARAGÜLLÜ

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Geology Graduate Program  
Supervisor: Asst. Prof. Arzu FIRAT ERSOY  
2015, 79 Pages

The need for the water, required for several purposes such as drinking, irrigation and energy generation, increases in an escalating scale. Unplanned utilization of water resources constitutes one of the major problems today. Due to the overuse, water resources are adversely affected by environmental factors, thus leading to water pollution. In this context, the management of water resources on a watershed basis is crucial not only in terms of water quantity, but also in terms of water quality. In this study, hydro-chemical properties of water samples, taken from 17 different locations on Söğütlü Basin and its tributaries, were determined, and the watershed was classified on the basis of different parameters using positional analysis techniques. The obtained results were compared with the results from previous studies in an attempt to examine the change in the water quality over years. The dissolved oxygen values are within the range of 2.76-11.24 mg /L, exhibiting a decline from southern regions to the coastline. Hardness is within 50.75-218 mg/L range and corresponds to ‘Very Hard’ water class according to the ‘Classification of Inland Surface Water’. In the basin pH varies within 6.63-7.5, electrical conductivity varies within 61-258  $\mu$ S/cm and total amount of dissolved solid varies within the range of 58-223 mg/L. According to ‘Classification of Inland Surface Water’ Söğütlü Basin corresponds to Class II and III waters in terms of iron and manganese and Class IV waters in terms of aluminum. It corresponds to Class IV at some of the measurement points in terms of nitrite, and Class II and III in terms of nitrate. Iron, manganese, aluminum, lead, nitrite and nitrate parameters were found to be exceeding the limit values due to adverse environmental effects. In a comparison with the results from previous studies carried out on Söğütlü Basin, the results obtained from this thesis study demonstrates an increase in iron, aluminum, manganese, nitrite and nitrate parameters, and a decrease in nickel, copper and lead parameters.

**Key Words:** Water Quality, Physical and Chemical Parameters, GIS, IDW, Söğütlü Basin

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Söğütlü Deresi ve havzası yer bulduru haritası.....	4
Şekil 2. Trabzon Meteoroloji İstasyonu'nda 1950-2014 yılları arasında ölçülen ortalama sıcaklık değerlerinin aylara göre değişimi .....	6
Şekil 3. Trabzon Meteoroloji İstasyonu'nda 1950-2014 yılları arasında ölçülen ortalama sıcaklık değerlerinin aylara göre değişimi yerinde ölçüm .....	6
Şekil 4. a) Örnekleme yapılan yüzey suyu b) YSI marka cihazla yapılan .....	9
Şekil 5. Söğütlü Havzası DEM ve yükseklik haritaları.....	12
Şekil 6. Söğütlü Havzası TIN ve eğim haritaları .....	13
Şekil 7. Havza drenaj alanı (En basit şekliyle).....	14
Şekil 8. ArcGIS 10.1 programı üzerinde ArcHydro akış şeması .....	16
Şekil 9. Grid akış yönü rakamsal değerleri .....	17
Şekil 10. Sayısal yükseklik modeli yardımıyla drenaj havzasının belirlenmesi .....	17
Şekil 11. Söğütlü havzası akış yönü ve havza sınırları .....	18
Şekil 12. ArcGIS jeoistatistiksel analiz modülü uygulama akış şeması .....	19
Şekil 13. Söğütlü Havzası stratigrafik kolon kesiti (Güven 1992' den değiştirilerek alınmıştır).....	23
Şekil 14. Söğütlü Havzası jeoloji haritası .....	24
Şekil 15. Söğütlü Deresi ve havzası örnek noktaları .....	51
Şekil 16. pH parametrelerine ait tematik haritalar. ....	52
Şekil 17. Çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik parametrelerine ait tematik haritalar ...	53
Şekil 18. Toplam Çözünmüş madde, sertlik parametrelerine ait tematik haritalar. ....	54
Şekil 19. Sodyum, sülfat parametrelerine ait tematik haritalar .....	55
Şekil 20. Klorür parametrelerine ait tematik haritalar .....	56
Şekil 21. Demir ve mangan parametrelerine ait tematik haritalar .....	58
Şekil 22. Alüminyum, bakır parametrelerine ait tematik haritalar .....	59
Şekil 23. Kurşun, kobalt parametrelerine ait tematik haritalar .....	60
Şekil 24. Nikel, arsenik parametrelerine ait tematik haritalar .....	61
Şekil 25. Krom, florür parametrelerine ait tematik haritalar .....	62
Şekil 26. Nitrit, Nitrat parametreleri tematik haritaları .....	64

## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa No

Tablo 1. Türkiye'nin su kaynakları potansiyeli .....	1
Tablo 2. ArcHydro arazi ön işleme ve su toplama alanı işlemleri akış şeması.....	15
Tablo 3. Söğütlü Deresindeki sularda bulunan fiziksel parametreler, ana anyon ve katyon (mg/l).....	31
Tablo 4. 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre sıcaklık kalite kriterleri.....	32
Tablo 5. 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre pH kalite kriterleri .....	33
Tablo 6. 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre çözülmüş oksijen kalite kriterleri.....	34
Tablo 7. 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre iletkenlik kalite kriterleri .....	35
Tablo 8. Çözülmüş toplam katı madde miktarına göre su sınıflandırılması.....	36
Tablo 9. Fransız sertlik sınıflaması .....	36
Tablo 10. 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre sodyum kalite kriterleri .....	37
Tablo 11. 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre sülfat iyonu kalite kriterleri.....	38
Tablo 12. 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre klorür iyonu kalite kriterleri .....	39
Tablo 13. Söğütlü Deresindeki sularda bulunan iz elementler (değerler mg/l).....	40
Tablo 14. 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre demir ve mangan kalite kriterleri .....	41
Tablo 15. 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre alüminyum kalite kriterleri .....	42
Tablo 16. 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre bakır kalite kriterleri....	43
Tablo 17. 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre kurşun kalite kriterleri .....	43
Tablo 18. 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre kobalt kalite kriterleri..	44
Tablo 19. 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre nikel kalite kriterleri....	44
Tablo 20. 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre kadmiyum kalite kriterleri .....	45
Tablo 21. 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre arsenik kalite kriterleri .....	46

Tablo 22. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre krom kalite kriterleri ...	47
Tablo 23. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre florür kalite kriterleri ...	47
Tablo 24. Söğütlü deresindeki sularda bulunan kimyasal kirlilik parametreleri.....	48
Tablo 25. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre nitrit azotu kalite kriterleri .....	49
Tablo 26. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre nitrat azotu kalite kriterleri .....	50
Tablo 27. Söğütlü Deresi 2009 ve 2015 yıllarında sularının ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre karşılaştırılması.....	66

## KISALTMALAR VE SEMBOLLER DİZİNİ

Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
Ca	: Kalsiyum
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
Cd	: Kadmiyum
Cl	: Klor
CO <sub>3</sub>	: Karbonat
Cr	: Krom
Co	: Kobalt
Cu	: Bakır
DEM	: Digital Elevation Model
DO	: Çözünmüş O <sub>2</sub>
DSİ	: Devlet Su İşleri
Eİ	: Elektriksel iletkenlik
F	: Flor
Fe	: Demir
FS	: Fransız sertliği
GPS	: Küresel Konumlandırma Sistemi
IDW	: Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği
m <sup>3</sup> /yıl	: Metre küp / yıl
Meq/L	: Miliekivolan / litre
Mg	: Magnezyum
mg/L	: Miligram / litre
MgCO <sub>3</sub>	: Magnezyum karbonat
Mn	: Mangan
Na	: Sodyum
NH <sub>3</sub>	: Amonyak
Ni	: Nikel
NO <sub>2</sub>	: Nitrit

NO <sub>3</sub>	: Nitrat
O <sub>2</sub>	: Oksijen
Pb	: Kurşun
pH	: Asitlik değeri
SO <sub>4</sub>	: Sülfat
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
SKKY	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
T	: Sıcaklık
TDS	: Toplam Çöz. Katı
TIN	: Triangulated Irregular Network
TSE	: Türk Standartları Enstisüsü
µg /L	: Mikrogram / litre
µmho/cm	: Micromho/santimetre
µS/cm	: Mikrosiemens / santimetre

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Yaşam için vazgeçilmez olan su kaynakları açısından ülkemiz bilinenin aksine su sıkıntısı çeken ülkeler arasına girmek üzeredir. Bunun nedeni, küresel ısınma, aşırı ve bilinçsiz tüketim, alt yapı eksiklikleri, su miktarındaki kayıplardır. Ülkemizde su sıkıntılarına bağlı olarak sistematik ve güvenilir bir su politikası belirlenmemiştir. Bu da geleceğe dair su problemleri doğacağını açıkça ortaya koymaktadır. Devlet Su İşleri'nden alınan verilere göre Türkiye' deki 14 milyar m<sup>3</sup> olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m<sup>3</sup> olup, 44 milyar m<sup>3</sup>'ü kullanılmaktadır (URL-1), (Tablo 1).

Tablo 1. Türkiye'nin su kaynakları potansiyeli (URL-1)

Yıllık ortalama yağış	643 mm/yıl
Türkiye'nin yüz ölçümü	783.577 km <sup>2</sup>
Yıllık yağış miktarı	501 milyar m <sup>3</sup>
Buharlaşma	274 milyar m <sup>3</sup>
Yeraltına sızma	41 milyar m <sup>3</sup>
Yüzey suyu	
Yıllık yüzey akışı	186 milyar m <sup>3</sup>
Kullanılabilir yüzey suyu	98 milyar m <sup>3</sup>
Yeraltı suyu	
Yıllık çekilebilir su miktarı	14 milyar m <sup>3</sup>
Toplam kullanılabilir su (net)	112 milyar m <sup>3</sup>
Gelişme durumu	
DSİ sulamalarında kullanılan	32 milyar m <sup>3</sup>
İçme suyunda kullanılan	7 milyar m <sup>3</sup>
Sanayide kullanılan	5 milyar m <sup>3</sup>
Toplam kullanılan su	44 milyar m <sup>3</sup>

Artan nüfusla birlikte kişi başına düşen su miktarı her geçen gün azalmaktadır ve bu sebeple yeraltı sularının yanı sıra yerüstü sularının kullanımı artış göstermiş, yerüstü suları



için kalite problemlerini değerlendirme ve geleceğe dönük çözümler üretme konusu önem kazanmıştır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) araştırmalarına göre 2030 yılı için nüfusumuzun 100 milyon olacağı belirlenmiş ve 2030 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 1.120 m<sup>3</sup>/yıl civarında olacağı belirtilmiştir. Bu da önceki yıllara göre bir düşüşü göstermekte ve su kaynaklarının ne kadar önemli olduğunu gözler önüne sermektedir (URL-1).

## 1.2. Amaç ve Kapsam

Çevre kirliliğinden etkilenen en geniş alan su kaynaklarıdır. Su kaynaklarının kirlenmesi önemli ekonomik kayıplar getirmesinin ötesinde, kirlilik türü ve yoğunluğuna bağlı olarak doğrudan canlı ve insan yaşamını tehdit edebilmektedir. Su kaynağı özelliklerinin konumda (yerinde) ve zamanda nasıl değiştiğinin anlaşılması, elde su kalitesini gösteren verilerin olmasını ve bu verilerin de sürekli olarak toplanmasını gerektirir (EİEİ, 2005).

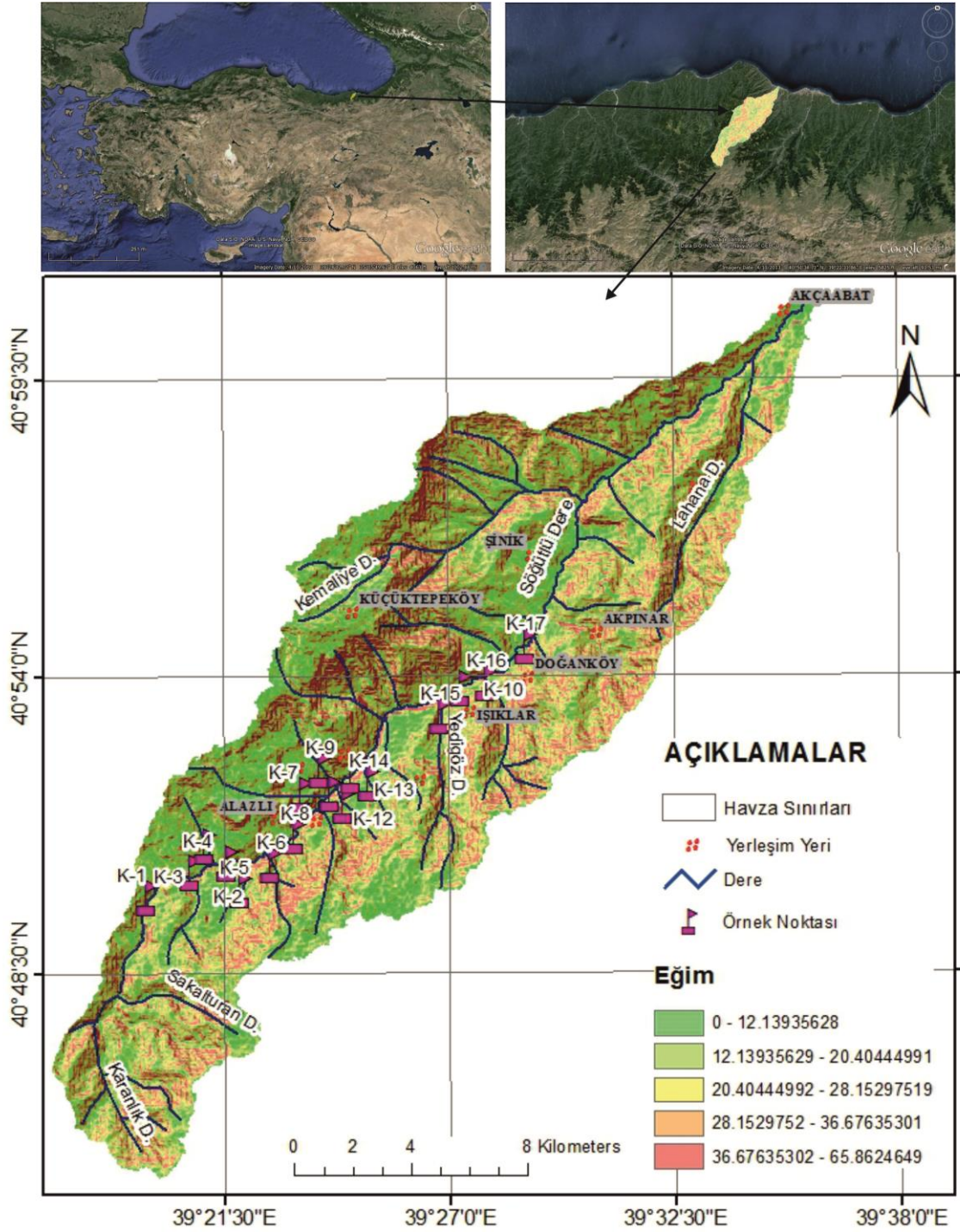
Ülkemizin toplam yüzölçümü 783.577 km<sup>2</sup>'dir. Ülkemiz üç tarafı su ile çevrili bir ülke olsa bile tatlı su açısından zengin bir ülke değildir. Su miktarı ülkemizde eşit bir dağılım göstermemiştir ve eşit olmayan bu dağılım suya olan ihtiyacın artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle su kaynaklarının yönetimi ülkemiz için önemli bir sorundur. Su yönetimi, su kaynaklarının kayıplarının önlenmesi, suyun etkin bir şekilde kullanılması, su kalitesi ve su kalitesinin iyileştirilmesi, havza düzeyinde su kaynaklarının korunması ve bunun gelişen teknoloji ile desteklenmesi amacını taşımaktadır.

Yapılan bu tez çalışması ile ülkemizdeki su yönetiminin kurumsal yapısı dikkate alınarak Trabzon Söğütlü (Kalanima) Havzası yerüstü su kalitesi problemlerini ortaya koyarak önerilerde bulunulmuştur. Bu çalışmada, Trabzon Söğütlü deresinde daha önce yapılmış olan 2009 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi yüksek lisans tez çalışması 'Trabzon İli Yeraltı ve Yerüstü Sularının Hidrojeolojik, Hidrokimyasal İncelenmesi ve Su Kalitesinin İncelenmesi' ölçüm verileri (Celep, 2009) ile 2015 yılında yapılan analizler karşılaştırılmıştır. Dere suyunda meydana gelen fiziksel parametreler, anyon katyonlar, iz element ve kirlilik parametreler arası değişimler irdelenmiştir. Bu değerlendirmeler 'Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları' yardımıyla karşılaştırılmıştır. Bu doğrultuda ArcGIS 10.1 yazılımında veriler gerçek koordinat sisteminde aktarılmış ve topoğrafik haritalara işlenmiştir. Ölçüm yapılan her nokta için temel hidrojeolojik bilgiler içeren bir

veri bankası oluşturulmuştur. Oluşturulan bu veri bankasında sular kalite açısından sınıflandırılmış, içilebilme ve kullanılabilme özellikleri belirlenmiştir. Oluşturulan tematik haritalar su sınıflama kriterleri ile değerlendirilip yorumlanmıştır.

### **1.3. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu**

Trabzon ili, Karadeniz Bölgesi'nin Doğu Karadeniz Bölümü'nde, 40° 33' - 41° 07' kuzey enlemleri ile 39° 07' - 40° 30' doğu boylamları arasında yer alır. Çalışma alanı olan Söğütlü Deresi'nin bulunduğu havza ise Trabzon ilinin batısında 1/100000 ölçekli Akçaabat F42 ve F43, Trabzon G42, G43 ve G44 paftaları içerisinde bulunmaktadır. Havza yaklaşık olarak 273 km<sup>2</sup> alana sahiptir. Derenin beslendiği yan kolları, Yedigöz, Kanaga, Kemaliye, Lahana, Sakalturan ve Karanlık Dere'dir (Şekil 1).



Şekil 1. Söğütli Deresi ve havzası yer bulduru haritası

#### **1.4. Yerleşim ve Ulaşım**

Çalışma Alanı olan Söğütlü Deresini de içine alan havza Akçaabat ve Düzköy ilçe sınırları içerisinde yer alır. Tonya, Maçka ve Vakfıkebir ilçeleri ise çalışma alanına komşu ilçelerdir. Çalışma alanına Trabzon merkezden sahil yolunu kullanılarak ulaşılabilir.

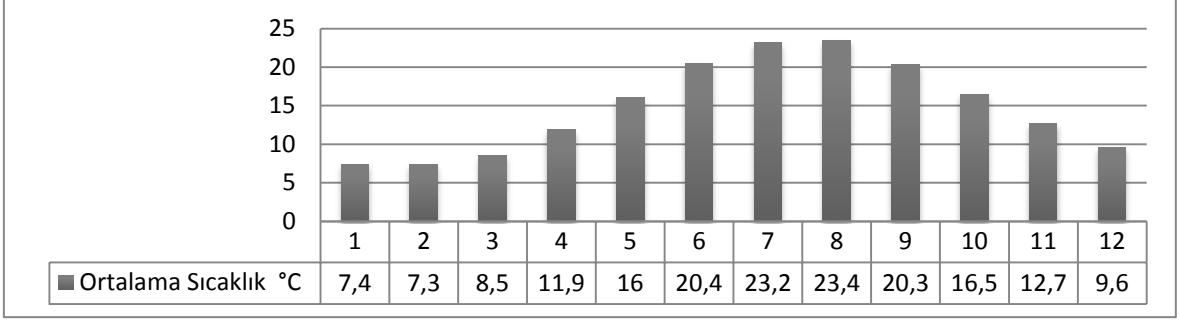
#### **1.5. Morfoloji**

Trabzon ili, güneye doğru gidildikçe yükseltisi artan bir topoğrafyaya sahiptir. Araştırma havzası orta ve yüksek dağlık arazi yapısındadır. Havza dik ve sarp eğimlidir. %40-70 arasındaki eğimli alanlar havzanın yaklaşık %95'ini kaplamaktadır (Karagül, 1996).

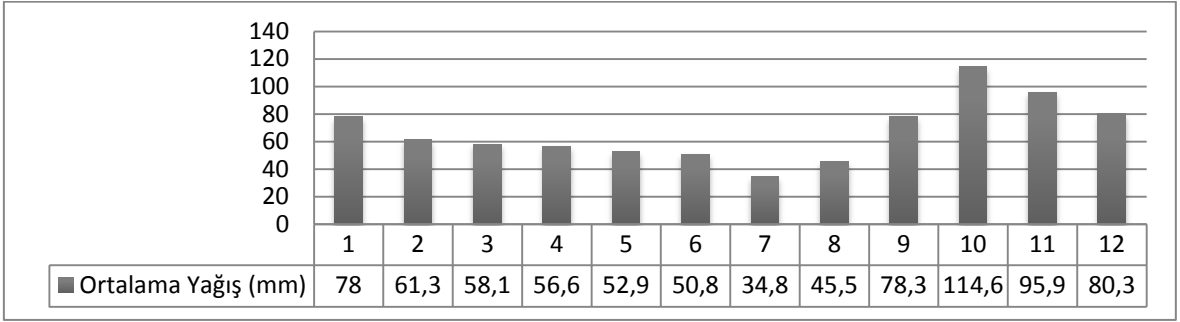
#### **1.6. İklim ve Bitki Örtüsü**

Doğu Karadeniz Bölümü'nde bulunan Trabzon ili, genelde kışları ılık yazları sıcak, her mevsimi yağışlı bir iklim özelliğine sahiptir. Her mevsim yağışlı olmasının sebebi dağların denize paralel olarak sıralanmasıdır ve denizden gelen nemli havanın dağlara tırmanarak topoğrafik yağışlar oluşturmasıdır.

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü resmi internet sayfasından alınan verilere göre çalışma alanının bulunduğu Trabzon ilinde 1950 – 2014 yılları arası ortalama sıcaklık ve yağış değerleri Şekil 2. ve Şekil 3.'de verilmiştir (URL-2). En düşük sıcaklığın (7,3 °C) Şubat ve en yüksek sıcaklığın (23,4 °C) Ağustos ayında gerçekleştiği gözlenmiştir. En fazla yağışın (114,6 mm) Ekim ayında; en düşük yağışın (34,8 mm) Temmuz ayında gerçekleştiği gözlenmiştir.



Şekil 2. Trabzon Meteoroloji İstasyonu'nda 1950-2014 yılları arasında ölçülen ortalama sıcaklık değerlerinin aylara göre değişimi



Şekil 3. Trabzon Meteoroloji İstasyonu'nda 1950-2014 yılları arasında ölçülen ortalama sıcaklık değerlerinin aylara göre değişimi

Trabzon ilinde, deniz kenarında 10m yükseklikten başlamak üzere 2000m yüksekliğe kadar değişik orman ağaçları; 3.000m'ye kadar da değişik tür bitkiler bulunmaktadır. Üst kesimlerde; sarıçam, köknar, ladin, kayın, orta kesimlerde; kayın, meşe, gürgen, kestane, akağaç, karağaç, huş, ıhlamur, kavak sahil ve sahile yakın kesimlerde sarıçam, kayın, gürgen gibi ağaç türlerini de görmek mümkündür (DOKAP, 2013).

### 1.7. Literatür Özeti

Çalışma alanında yapılan çalışmalar kronolojik olarak kısaca aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

Gültekin vd. (2003), 'Değirmendere Havzasının (Trabzon) Hidrolojisi' isimli çalışmalarında, Değirmendere havzasına ait parametrelerini ve havzaya ait bilanço elemanlarını belirlemişlerdir.

Gültekin vd. (2003), ‘Trabzon İli İçme Suyu Olanakları’ çalışmalarında Değirmendere’nin yan kollarından ve yeraltı sularından örnekler alınarak kalite değerlendirmişlerdir. Kimyasal, bakteriyolojik ve fiziksel kirlenme değerlendirmeleri yapılmışlardır.

Bulut (2005), ‘Trabzon (Maçka) Kalyan Akarsuyunun Su Kalitesinin Araştırılması ve Modellenmesi’ çalışmasında Trabzon kentine içme ve kullanma suyunu sağlayacak olan Atasu Barajının sularını taşıyan Kalyan Deresinde yapılan su kalitesi parametreleri ( BOİ, KOİ, çözünmüş oksijen, iletkenlik, debi, sıcaklık, pH, nitrit, nitrat, orto-fosfor, amonyum, Org-N, Fe, Zn, Al, Cu, Pb, Cr, deterjan , bulanıklık, toplam 17 sertlik ve toplam pestitit) ölçülmüştür. Elde edilen analiz sonuçları, Su Kirliliği Yönetmeliği, İçme Suyu Standartları (TS-266) ve Dünya Sağlık Örgütü tarafından önerilen standartlarla karşılaştırılarak akarsuyun su kalitesi belirlemiş ve bundan yararlanılarak nehrin matematiksel modellemesini oluşturmuştur.

Verep vd. (2005), ‘İyidere (Trabzon)’nin Fiziko-Kimyasal Açından Su Kalitesinin Belirlenmesi’ isimli çalışmasında Trabzon ve Rize illerine sınır olan İyidere akarsuyunda kadar 10 km aralıklarla seçilmiş 4 farklı istasyondan su örnekleri almıştır. Su numunelerinde pH, bikarbonat (HCO<sub>3</sub>), karbondioksit (CO<sub>2</sub>), biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI<sub>5</sub>), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), toplam sertlik, nitrit (NO<sub>2</sub>), amonyum (NH<sub>4</sub>), fosfat (PO<sub>4</sub>), askıda katı madde ve alkalinite gibi kimyasal ölçümler yapmıştır. Diğer taraftan akış hızı, su sıcaklığı suda çözünmüş oksijen, suda çözünmüş oksijen doygunluğu, elektriksel iletkenlik ve tuzluluk gibi suyun bazı fiziksel özelliklerini de ölçmüştür.

Celep (2009), ‘Trabzon İli Yeraltı ve Yerüstü Sularının Hidrojeolojik, Hidrokimyasal İncelenmesi ve Su Kalitesinin İncelenmesi ‘ isimli çalışmasında Trabzon ilinin yeraltı ve yer üstü sularını inceleyerek suların kimyasal açıdan karbonatlı ve sülfatlı (Ca+Mg>Na+K) sular sınıfında olduklarını tespit etmiştir. Ağır metal kirliliği bakımından yüzey sularında sınır değerini aşmadığı, yeraltı sularında ise aştığını saptamıştır. Yüzey sularının Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre bazı parametreler açısından I. sınıf (yüksek kaliteli) sular sınıfında bulunduğu, Cu, Pb, Ni, Al ve Mn parametreleri açısından II. sınıf (az kirlenmiş), III. Sınıf (kirlenmiş) ve IV. Sınıf (çok kirlenmiş) sular sınıfında olduğunu tespit etmiştir.

Gültekin vd. (2013), ‘Quality assessment of surface and groundwater in Solaklı Basin (Trabzon, Turkey)’ isimli çalışmasında Sokaklı Havzası 33 örnek noktasında yapılan

yeraltı ve yüzey suyu çalışmaları yapmışlardır. Analiz parametrelerinin çoğu ıslan sezonda almışlardır. Kirleticilerin yüksek konsantrasyonlarda nüfus merkezlerinde bulunduğu ve sonuçların düzenli izlenerek tedbirlerin alınması gerektiğini vurgulamışlardır.

### 1.8. Bölgesel Jeoloji

İnceleme alanının büyük bölümü Doğu Pontidleri kuzey zonu içinde kalmaktadır. Doğu Pontidlerin Mesozoyik dönemindeki genel özellikleri ile bilinen en yaşlı volkanizması Liyas dönemine aittir. Mesozoyik Liyas, Geç Kretase dönemi boyunca Doğu Pontidler' in Kuzey zonunda gelişen aktif volkanizma sonucu bazik ve asidik karakterli lavların düzenli ardalanmasının oluşturduğu kalın bir volkana tortul istif birikmiştir. Bu (Güven,1998).

Üst Kretase dönemi boyunca Doğu Pontid'lerin Kuzey Zonu'nda gelişen volkanizma sonucu kalın bir volkanik istif gelişmiştir. Bu istifin ilk evreleri bazik ve asidik bileşimli volkanik kayalardan oluşmaktadır. Asidik karakterli riyodasit, dasit ve proklastitlerden oluşan birim ise yer yer tuf, aglomera ve breş arakatıkları içermektedir. İkinci evreli bazik ve asidik volkanik kayalar bu birimlerden sonra oluşmuştur. Kumtaşı, marn ve kırmızı renkli kireçtaşı ara katkılı, bazalt, andezit ve piroklastitlerinden oluşan ikincil evreli bazik kayalar yaklaşık 800 metre kalınlığındadır(Güven, 1993; Güven, 1998). Bazik karakterli volkano-tortul seri üzerine uyumlu olarak gelen ikincil evreli asidik kayalar, riyodasit, dasit, trakiandezit ve piroklastitlerinden oluşmaktadır.

Bunları uyumlu olarak üzerleyen seri ise tortul kayalardan oluşmaktadır (Güven, 1993). Bu birim genel olarak killi, kumlu kireçtaşı, marn, şeyl ve kumtaşı ardalanmasından oluşmaktadır.

Doğu Karadeniz Bölümü'nün doğu kesimlerinde yer alan Kaçkar Dağları, Doğu Pontid Kuzey Zonu içerisindeki granitoidlerin en fazla yüzeylendiği bölgedir. Bu bölgede, genellikle Eosen yaşlı birimlerin içine sokulan intrüzif kayalar, Güven (1993) tarafından Kaçkar Granitoidleri olarak tanımlanmıştır. Üst Kretase boyunca gelişimini sürdüren ve büyük ölçüde Paleosen sonunda yerleşimini tamamlayan granitoidler ile Eosen yaşlı birimler arasında bir aşınma düzlemi bulunmaktadır. Eosen döneminde yenilenen granitoid intrüzyonları ise Eosen yaşlı kayalarda kontakt etkiler yapmıştır. (Güven, 1993).

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Arazi Çalışmaları

Saha çalışmalarında, Söğütlü Deresinde yağışlı dönemde ana anyon-katyon, kirlilik ve iz element analizleri için çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar havzada kaynağa yakın mesafeden başlanarak yüzey suyu boyunca ana ve yan kollardan alınan örneklerle yapılmıştır (Şekil 4a). Numune alma sıklığı daha önce 2009 da yapılmış olan örnek noktalarının sıklığına göre yapılmıştır. Örneklemeye işleminde SKKY Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği (2009)'nde önerilen yöntemler uygulanmıştır. Örnek alınırken majör anyon-katyon, eser element ve kirlilik analizleri için 100 ml polietilen şişeler kullanılmıştır. Numune almadan önce numune alınacak su ile en az üç defa çalkalanarak kullanılmışlardır. Ölçüm yapılan her noktadan 2 ayrı örnek alınmış birine metallerin çökmesini engellemek ve sağlıklı metal analizi sonuçları için 1 ml nitrik asit eklenmiştir.

Örneklemeye yapılan noktalarda sıcaklık (T), pH, elektriksel iletkenlik (Eİ), çözünmüş oksijen (DO), toplam çözünmüş madde miktarı (TDS), bulanıklık ve tuzluluk parametreleri YSI marka cihaz kullanılarak (Şekil 4b), yerinde ölçülmüştür. Alınan örneklerin koordinatlarının belirlenmesinde Garmen etrex Legend Cx marka el GPS' i kullanılmıştır.



Şekil 4. a) Örneklemeye yapılan yüzey suyu b) YSI marka cihazla yapılan yerinde ölçüm



## 2.2. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmalarında havzalardan alınan 1ml nitrik asit eklenmiş olan 100 ml su örneklerinin iz element (Fe, Mn, Al, Cu, Pb, Ni, Co, Cd, As, Cr, F) analizleri yapılmıştır. Ana kation (Ca, Mg, Na) analizleri nitrik asitsiz olan 100 ml su örnekleriyle yapılmıştır. Bu analizler Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ICP-OES yöntemi ile yapılmıştır.

Ana anyonlar ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ), kirlilik ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) analizleri nitrik asitsiz olan 100 ml su örnekleriyle Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Laboratuvarında yapılmıştır.

## 2.3. İnceleme Alanına Ait Verilerin Toplanması, Analizi ve Haritalanması

### 2.3.1. DEM Haritasından Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), Eğim Haritası ve 3 Boyutlu Arazi Modeli (TIN) Oluşturulması

CBS, mekânsal verileri tematik katman ve tablo dizileri içerisinde organize eder. CBS içerisindeki mekânsal veri setleri coğrafi olarak referanslandırıldığında gerçek dünya konumlarına sahip olurlar. Coğrafi objeler; parseller, kuyular, binalar, ortofoto görüntüler ve raster tabanlı sayısal yükseklik modelleri (DEM) CBS içerisinde organize edilir. İyi tanımlanmış coğrafi veri setleri, coğrafi bilgi sistemleri için kritik bir noktadır. Bununla beraber, bilginin tematik olarak toplanması da önemli bir CBS veri seti kavramıdır (İşlem Şirketler Grubu, 2004). CBS veri modelleri kordinatlandırılmış haritaları katmanlara ayırarak organize eder. Raster ve vektör verilerden oluşan katmanlar ArcGIS yardımı ile birer akıllı harita modellerine dönüşür.

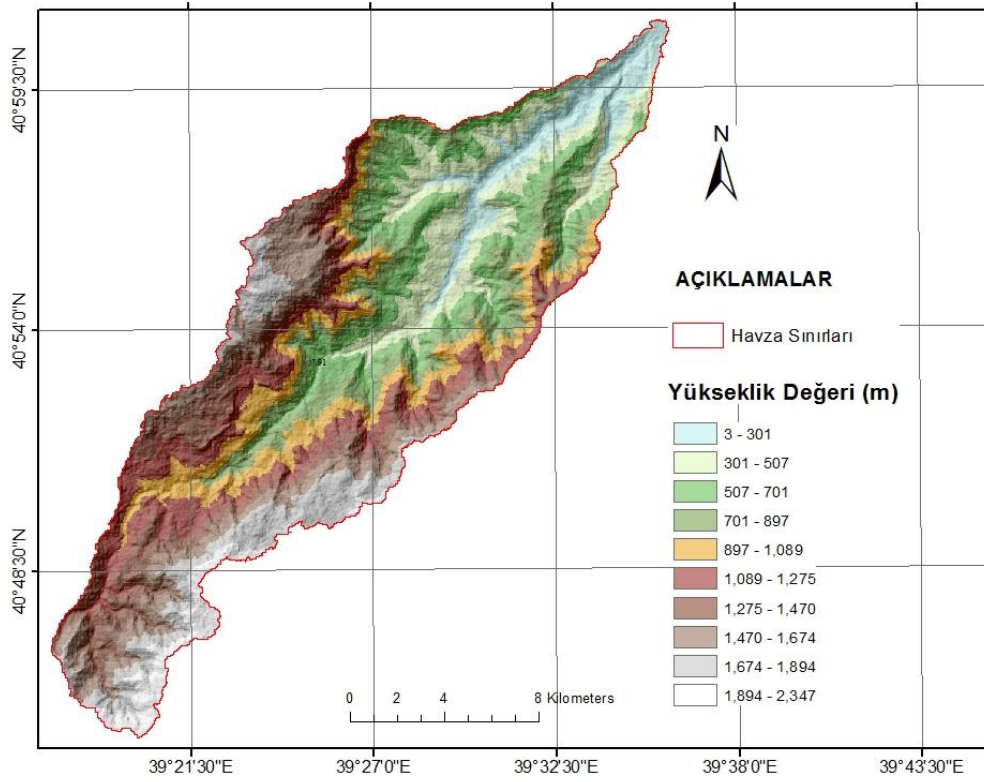
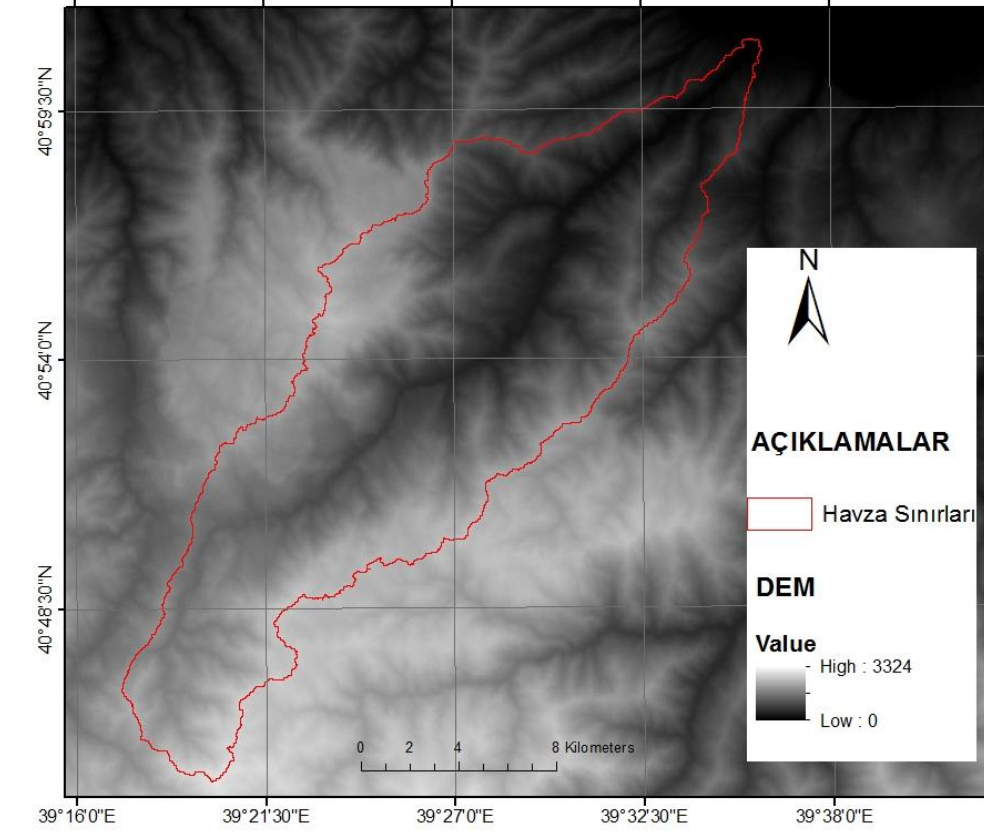
Yapılan çalışma için DEM haritaları Japonya ve Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından geliştirilen ve kullanıma açık olan ASTER GDEM veri tabanından indirilerek elde edilmiştir (URL-6) (Şekil 5). İndirilen DEM haritaları gerçek uzay kordinatlarına sahiptir ve DEM haritaları yardımıyla ArcGIS yazılımı kullanılarak sayısal yükseklik modeli (SYM), eğim haritası ve 3 boyutlu arazi modeli (TIN) oluşturulmuştur.

Bir havzanın ortalama yüksekliği sıcaklık ve yağış yönünden önemlidir. Sıcaklık yağış tipini etkilemekte, bitki örtüsü de yağış ve sıcaklık ilişkilerine yani yüksekliğe bağlıdır. Bitki örtüsünün nitelikleri ise havza hidrojeolojisini doğrudan etkilemektedir.

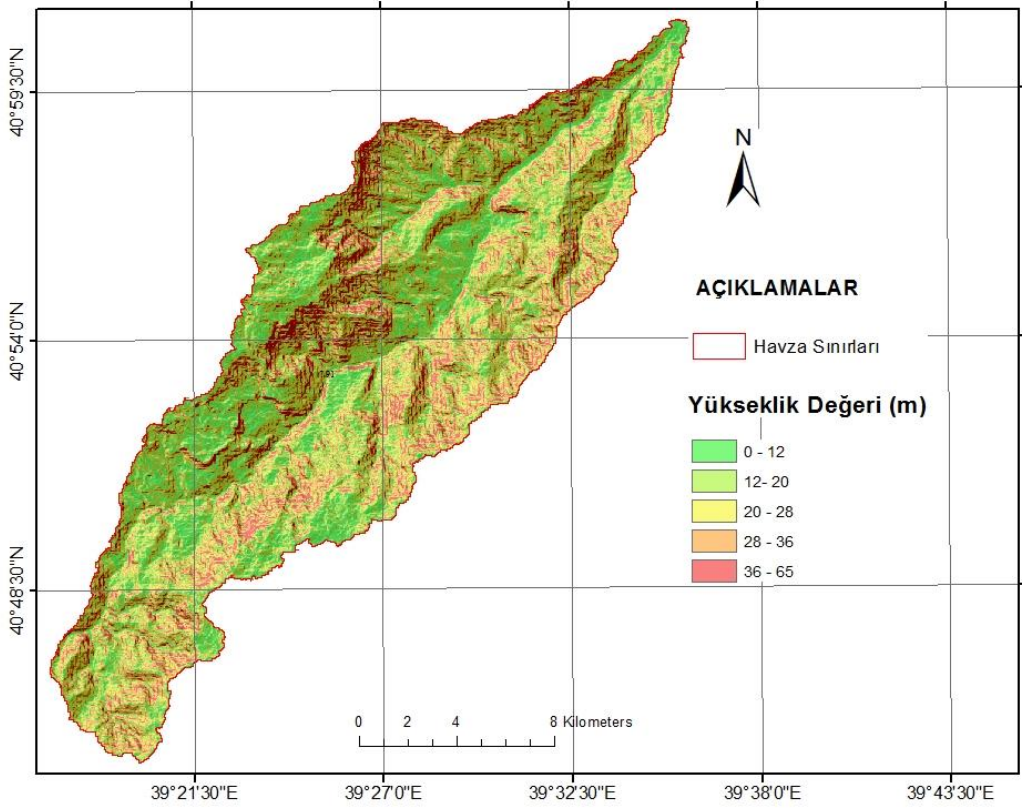
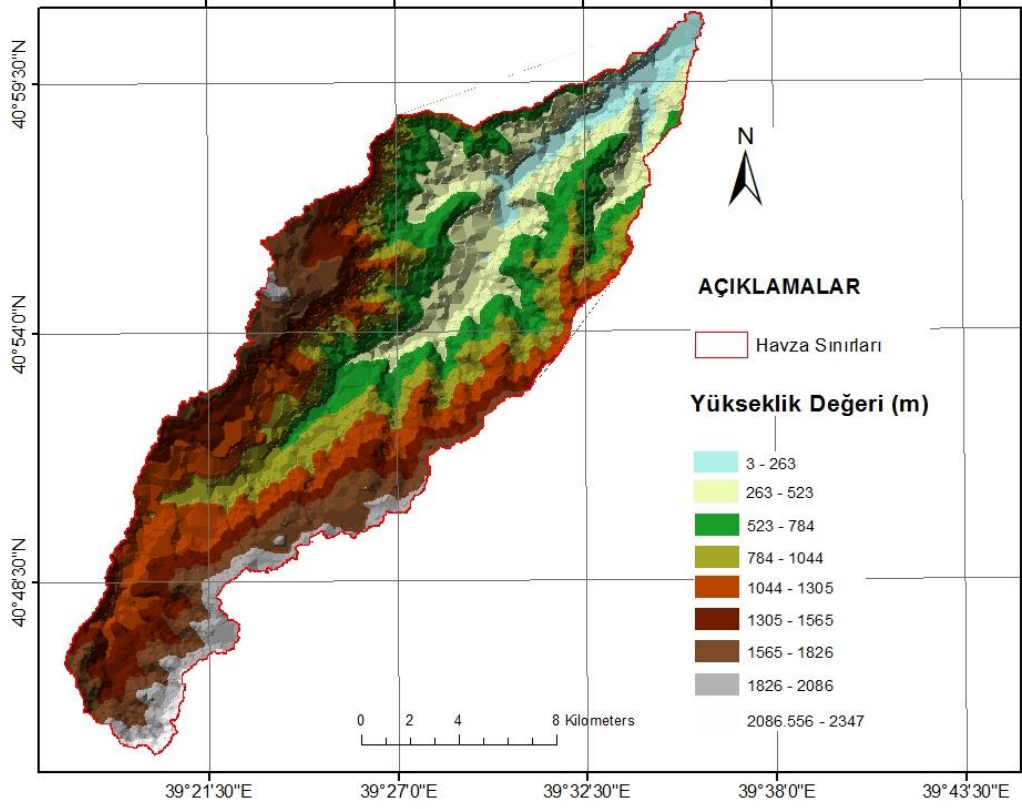
Havzanın ortalama eğimi yüzeysel akış, toprak nemi ve arazi kullanım şekli bakımından önemlidir. Ortalama eğimi fazla olan havzalarda sağanak yağışlardan hemen sonra ve kar erimeleri sırasında yüzeysel akış kısa sürede dere yatağına ulaşır, dere yatağındaki yükselmeler daha fazla ve daha kısa süreli olur.

TIN'in (Triangulated Irregular Network) özellikle en temel yararı, tepe, sırt, çukur ve vadi gibi jeomorfoloji çalışmalarında önemli olan yüzeylerin veri toplama yöntemine bağlı olarak gerçek bölgelerinde gösterebilmesidir (Akar, 2006).

Elde edilen SYM ve TIN verilerine göre çalışma alanı on sınıfa ayrılmıştır ve 3 – 2347m yükseklik değerlerine sahiptir. Eğim haritasında ise eğim değeri 5 sınıfa ayrılmış en fazla 65° olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5,6).



Şekil 5. Söğütlü Havzası DEM ve yükseklik haritaları

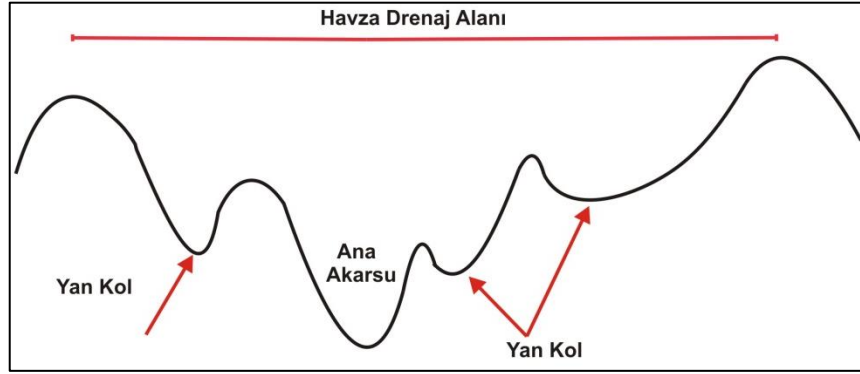


Şekil 6. Söğütlü Havzası TIN ve eğim haritaları

### 2.3.2. Havza Parametrelerinin Belirlenmesi

Havza, suyun yüzeysel hareketini sürdürdüğü, doğal sınırını oluşturan, hidrolojik olarak birbirinde bağımsız karasal alandır. Suyun planlanması ve yönetilmesi sürecinde bu karasal alanların hiyerarşik yapısı (ana nehir havzası, havza, alt havza), sınırları ve özellikleri oldukça önemlidir (Karadağ, 2012).

Hidrolojik verileri geliştirmesinin ilk aşaması drenaj havzası sınırlarının belirlenmesidir. Su ayırım çizgisi olarak da adlandırılan bu sınırlar normalde bir havzanın sırtları boyunca devam eder. Sırtın bir tarafında su bir havzaya akarken diğer tarafı ayrı bir su toplama havzasıyla ilişkilidir (Jenson ve Domingue, 1988), (Şekil 7).

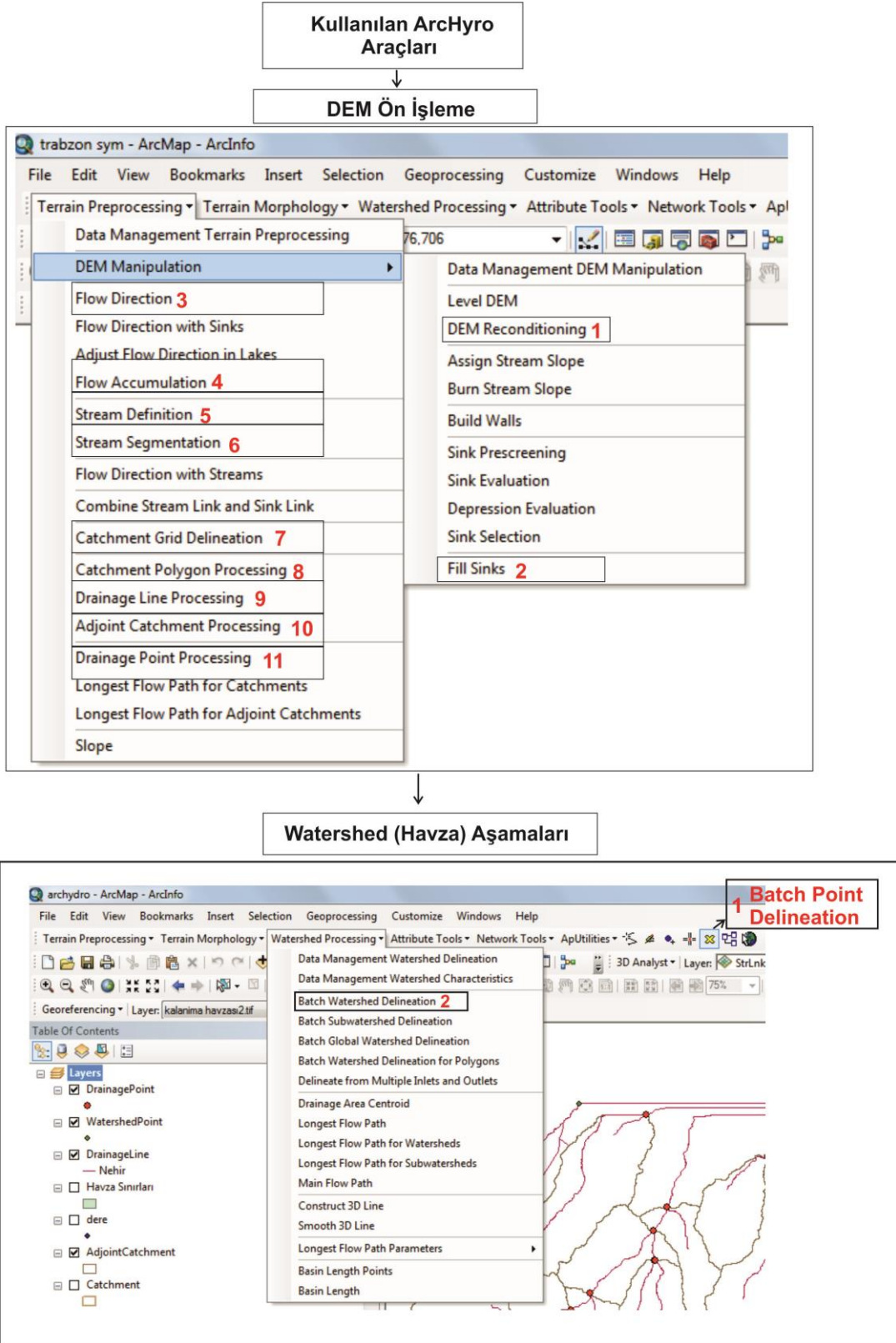


Şekil 7. Havza drenaj alanı (En basit şekliyle)

Sayısal yükseklik modeli (DEM) üzerinde akış yönleri hesaplanmadan önce bazı değerlerin düzeltilmesi gerekmektedir. Aksi durumda, havza belirlenirken bir çukur etrafındaki gridler, belirlenen havzaya ait olmayacak, kendi içine kapalı alanlar oluşturacaktır. Havza sınırlarının belirlenmesi için grid yapılı çalışma alanını da içine alan DEM verisi, ArcGIS yazılımının bir modülü olan ArcHydro kullanılarak bir dizi işleme tabi tutulmuştur. Yöntem ve işlem sırası Tablo 2’de gösterilmiştir. Şekil 8’de ise program içindeki akış şeması işlem sırasına göre numaralandırılarak gösterilmiştir.

Tablo 2. ArcHydro arazi ön işleme ve su toplama alanı işlemleri akış şeması (Al-Muqdadı vd., 2011)

	Araçlar	Tanımlama
A	Arazi verileri ön işleme (Terrain Pre-processing)	Bu işlem çoğunlukla mekânsal bilgileri hazırlamak için bir kez kullanılır.
1	DEM yenileme ( <i>DEM Reconditioning</i> )	DEM üzerine Drenaj ağını işleme yöntemidir. Drenaj ağı DEM haritasına önceden tanımlatılır.
2	Boşlukları doldurma ( <i>Fill Sinks</i> )	DEM haritasındaki var olan çukur ve pik noktalarını ortadan kaldırılmasıdır.
3	Akım yönü belirleme ( <i>Flow Direction</i> )	Oluşturulan boşluk doldurma haritasından akım yönünü belirler. Hücrede akış, yükseklik değeri kendi değerinden düşük hücrelerden sadece birine doğru olur.
4	Eklenik akım hesaplama ( <i>Flow Accumulation</i> )	Akım yönü haritasından akım hesabı yapar. Her hücrede ne kadar akış olduğunu ve yönelimini hesaplayarak akım hattı oluşturur.
5	Nehir tanımlama ( <i>Stream Definition</i> )	Oluşan nehir hattının kollarını numaralandırma işlemidir.
6	Nehir bölümlenme ( <i>Stream Segmentation</i> )	Nehir hattında ikili bağlantı noktalarını tanımlar ve numaralandırır.
7	Su toplama alanı oluşturma ( <i>Catchment Grid Delineation</i> )	Çalışılan alanı küçük havzalara bölme işlemidir.
8	Su toplama alanını poligonlama ( <i>Catchment Polygon Processing</i> )	Su toplama alan gridini, poligon özelliğine dönüştürmektedir.
9	Drenaj çizgilerini belirleme ( <i>Drainage Line Processing</i> )	Nehir hatlarını drenaj çizgilerine dönüştürür ve her bir çizgi bu çizgiye ait su toplama alanının tanımlayıcısını içermektedir.
10	Bitişik su toplama alanını belirleme ( <i>Adjoint Catchment Processing</i> )	Akım yönünde birbirleri ile ilişkili olan su toplama alanlarını bir araya getirir. Ana su toplama alanı olmayan her bir su toplama alanı için menba alanını ana su toplama alanının girdi noktasına drene eden bir poligon inşa edilir ve depolanır.
11	Drenaj noktası belirleme ( <i>Drainage Point Processing</i> )	Su toplama alanları için drenaj noktalarını tayin eder.
B	Su toplama alanı işlemleri (Watershed Processing)	
1	Boşalım noktası belirleme ( <i>Batch Point Delineation</i> )	Su toplama alanları için drenaj noktalarını tayin eder. Su toplama alanının boşalım kesimi belirlenir.
2	Herhangi bir noktanın su toplama alanını belirleme ( <i>Batch Watershed Delineation</i> )	Her bir drenaj noktası için boşalım noktası belirlendikten sonra nitelik tablosu oluşturulur. İstenilen nehir için havza verisi elde edilmiş olur.



Şekil 8. ArcGIS 10.1 programı üzerinde ArcHydro akış şeması



Çalışma alanını için sayısal yükseklik modeli (DEM) üzerinde birinci aşamada elde edilen veri, her bir hücre için su akış yönünün ArcHydro modülünde hesaplanması ile oluşturulmuştur. Bu fonksiyon verilen grid sistemi için akış yönünü hesaplamaktadır. Hücrede yer alan değer, bu hücreye komşu 8 hücreden yükseklik değeri en az olana doğru su akış yönünü göstermektedir. Akış yönünü bilgisayar ortamında ifade etmek için “8 yönlü akım modeli” kullanılmaktadır.

Akış yönleri, sayısal yükseklik modeline bağlı olarak hidrolojide su yollarının ve sediment taşınım hareketlerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır (Tarboton, 1997).

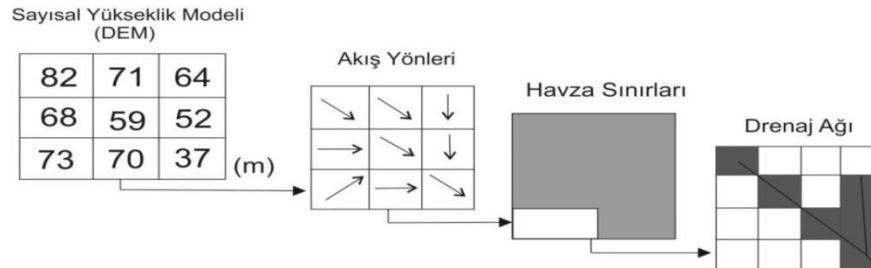
Gridin akış yönünü göstermek için Şekil 9’da yönlere bağlı olarak gösterilen rakamsal değerler kullanılmaktadır. Örneğin bir hücreden akışın doğu yönünde olduğunu belirtmek için 1, kuzeybatı yönünde olduğunu belirtmek için 32, güneydoğu yönünde olduğunu belirtmek için 2 kullanılır (DSİ, 2012). Düzeltilmiş veriler kullanılarak, “akış yönünü belirleme” işlemi çerçevesinde araştırma alanına ilişkin akış yönleri değerlendirilmiştir (Şekil 10). Akış yönü verisi incelendiğinde, hücrelerdeki akım yönü yoğunluğu Doğu-batı yönlerinde fazladır (Şekil 11).

32	64	128
16		1
8	4	2

KB	Kuzey	KD
Batı		Doğu
GB	Güney	GD

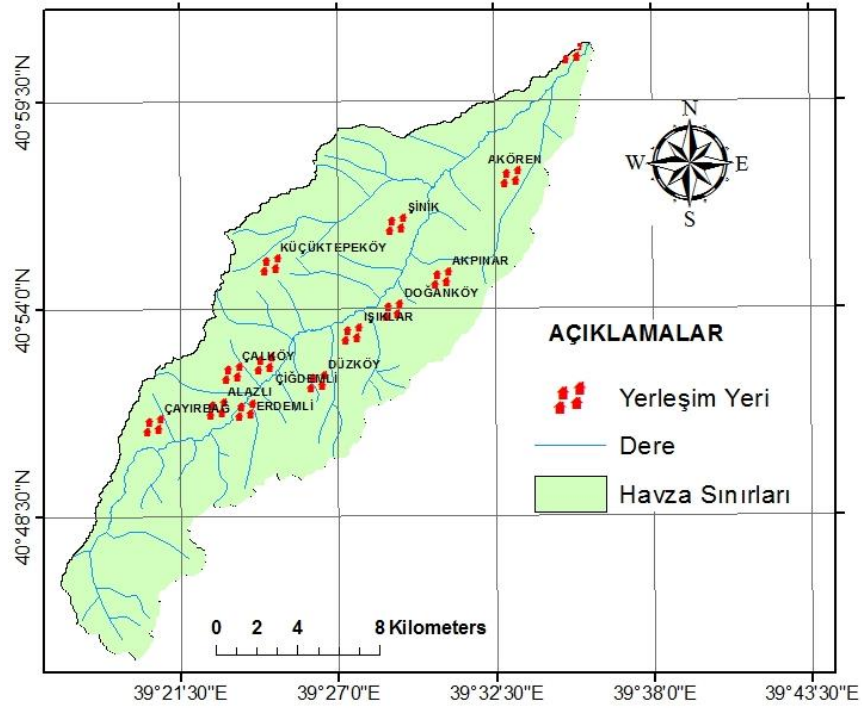
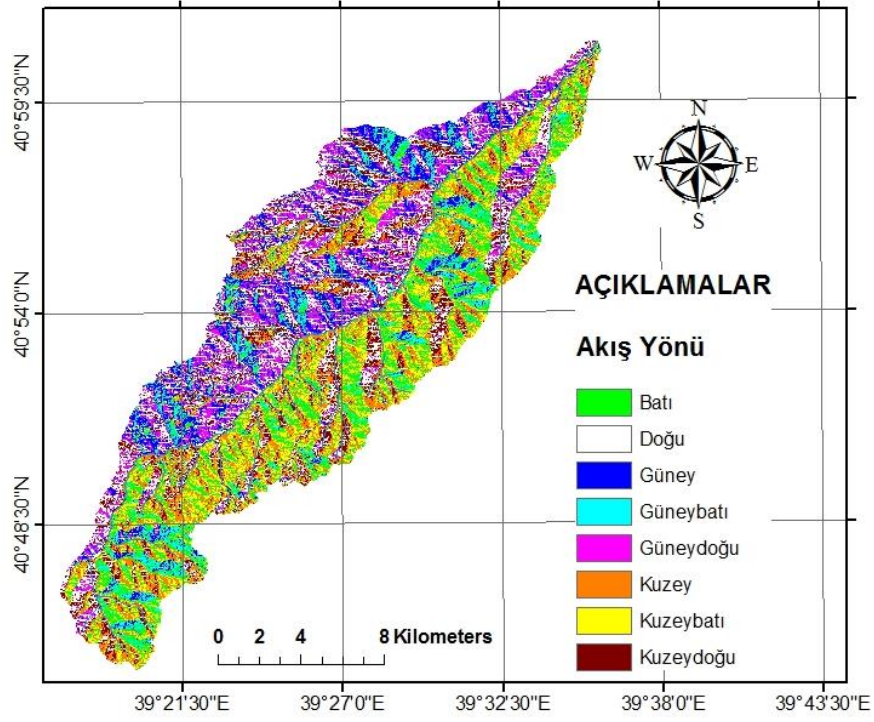
Şekil 9. Grid akış yönü rakamsal değerleri (DSİ, 2012)

İkinci aşamada su akış yönlerinden yararlanılarak havza sınırları belirlenmiştir. Son aşamada ise aşamada akarsu ağının modellenmesi yapıp kullanılan programda eksik çıkan akarsu bölümleri düzeltilip yenilenmiştir ve ilçe merkezleri eklenmiştir (Şekil 10)



Şekil 10. Sayısal yükseklik modeli yardımıyla drenaj havzasının belirlenmesi



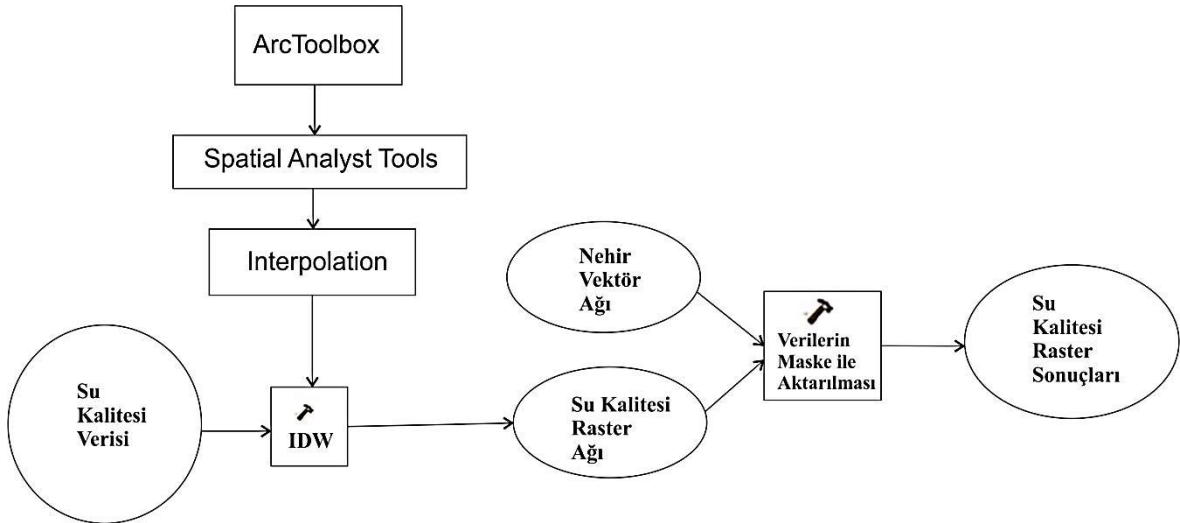


Şekil 11. Söğütli havzası akış yönü ve havza sınırları

## 2.4. Su Kalitesi Verilerinin Depolanması ve Analiz İşlemleri

Veri niteliği açısından günümüzdeki en gelişmiş teknik, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)' dir. CBS ile büyük hacimde alansal veri depolanabilir, analiz edilebilir ve her türlü veri yönetim işlemi yapılabilir. Bu teknikler daha önceleri kartografik amaçla geliştirilmiş olmakla beraber, günümüzde tahmin, planlama ve modelleme aracı olarak kullanılmaktadır (Harmancıoğlu vd., 2002).

Bu çalışma kapsamında toplanan verilerin ve ölçümü yapılan noktaların koordinatları ve niteliksel özellikleri excel formatından ArcGIS 10.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı modülüne aktarımı ile gerçek uzay koordinatlarına sahip noktasal verilerin depolama işlemi gerçekleştirilmiştir. Analiz işlemi sırasında veri tabanında saklanan nokta özellikleri ve su kalitesi değerleri analiz edilmiştir. ArcGIS jeoistatistiksel analiz modülü kullanılarak analiz edilmiş, jeoistatistiksel veri modelleri oluşturulmuştur. Verinin olmadığı noktalar için yapılan tahminler, IDW (Ters Ağırlıklı Mesafe) yöntemi kullanılarak yapılmıştır. ArcGIS jeoistatistiksel analiz modülü uygulama akış şeması Şekil 12'de verilmiştir.



Şekil 12. ArcGIS jeoistatistiksel analiz modülü uygulama akış şeması

### 2.4.1. Jeoistatistiksel Analiz

Jeoistatistiksel analiz yapılması büyük miktarda maliyet ve zaman gerektiren çeşitli veri kümelerinin analizi için ucuz maliyetli ve mantıksal bir çözümdür. Belli bir gözlem alanı içerisinde belirli bir yapıya sahip gözlemi bulunmayan yöresel değişkenler ile

gözlemi bulunan değişkenler arasında konumlarına göre enterpolasyon yaparak değişkenlerin tahmin edilmesini sağlar. Jeostatistik analizin birinci ve en önemli aşaması gözlem alanı içerisindeki uzaysal bağımlılık yapısını ortaya koyan yarı variogram analizleridir (Tural, 2011).

Jeostatistik çalışma yapılacak olan alandan alınan ölçüm dizisinin en uygun yöntem, model veya algoritmalarının ifadesi yapıldıktan sonra olayın gelecekteki davranışlarını tespit etmede önemli bir rol oynar. İstatiksel hesaplamaların uzun zaman ve maliyetli olması birçok bilgisayar yazılımının da geliştirilmesini beraberinde getirmiştir. Bu da zaman ve maliyeti düşürerek kullanıcıların gerekli enterpolasyonları hızlı bir şekilde yapmalarını sağlamıştır. Enterpolasyon belirlenen noktalardan alınan verilerin diğer noktalardaki değerlerinin hesaplanması ve değerini tahmin etme işlemidir.

Geleneksel jeostatistiksel uygulamalarda kullanılan veriler, genellikle belirli bir mekânda ve zaman içindeki belirli bir noktada alınmış örneklerden oluşur. Diğer taraftan bazı veriler hem zaman hem de mekân bileşenlerine sahip olabilir. Başka bir anlatımla, belirli bir mekândaki değişik gözlem noktalarında, değişkene ait gözlemler belirli bir zaman sürecinde yapılmış olabilir, yani değişkenin zaman serileri mevcut olabilir. Bu durumda verilerin zaman ve mekân boyutunda nasıl değiştiğini açıklayacak istatistiksel modellere ihtiyaç vardır (Ecker, 2004)

Bir çevre kirlilik parametresinin de belirli bir bölgedeki dağılımını ve miktarını hassas bir şekilde ortaya koymak pek çok çevresel çalışma programı için kritik önem taşımaktadır. Zaman ve ekonomi gibi kısıtlayıcı nedenlerden dolayı, herhangi bir bölgedeki bir kirlilik parametresinin dağılımı ile ilgili sınırlı miktarda bilgi toplanabilmektedir. Başka bir anlatımla, çevresel süreçler süreklidir, fakat sadece sınırlı sayıdaki mekânsal noktalarda ölçüm yapılabilmektedir. Bu durumda yapılabilecek en iyi şey, mekânsal boyutta tahminde bulunmaktır. Jeostatistik, bu tahmin işlemini tarafsız bir şekilde ve minimum hata ile yapma olanağı sağlar (Carlson ve Osiensky, 1998)

Bu çalışma kapsamında, ArcGIS modülünde mevcut bazı jeostatistiksel enterpolasyon teknikleri irdelenmiş ve kullanılan IDW yönteminin diğer yöntemlerle karşılaştırılması yapılmıştır.

### **2.4.1.1. Kriging Yöntemi**

Değeri bilinmeyen bir örneğin veya noktanın değerini etrafındaki noktaların ya da örnek değerlerinin ağırlıklı doğrusal kombinasyonu olarak hesaplayan bir yöntemdir. Kriging tekniğinin diğer tekniklere göre üstünlüğü, hata varyansını hesaplayan eşitlik ve enterpolasyon için en iyi doğrusal denklem sistemini oluşturması ve böylece hata varyansını minimuma indirmesidir. Kriging yönteminde tahmini doğruluk derecesi, verilerin kalitesine (hassas ölçülmüş olmalı) ve örnek sayısına, verilerin konumuna (veriler homojen bir devamlılık göstermeli), örnek ile değeri tahmin edilen blok arasındaki mesafeye bağlıdır. İdeal olarak arama kapsam alanındaki nokta ya da örnek sayısı 15 veya 16 olmalıdır. Bu sayı 4' ün altında olursa hesaplama yanıltıcı sonuçlar verebilir (Tüysüz ve Yaylalı, 2005).

### **2.4.1.2. Doğal Komşuluk Enterpolasyon Tekniği (Natural Neighbors Interpolation)**

Ağırlıklı ortalamaya göre çalışan bir enterpolasyon tekniğidir. IDW enterpolasyon tekniğine çok benzer. Değerlendirilecek noktaları araştırırken, örneklem noktalarından olan mesafeye bağlı ağırlıkları kullanır ve düzensiz yoğunluktaki örneklem verisini ayırıp sınıflayabilen, enterpolasyon mantığının genel amaçlarına uygun sayısal enterpolasyon araçları ile TIN fonksiyonlarını bir algoritmayla beraber kullanan ve özel tanımlı parametrelere ihtiyaç duymaz. IDW yöntemine benzer şekilde bu enterpolasyon yöntemi de ağırlıkların ortalamasını alır. Tüm değerlerinin aralarındaki mesafeye bağlı olarak hesaplanan ağırlıklarından enterpolasyon noktasının değerini kestirmek yerine giriş noktalarından Delauney üçgenlemesi oluşturulur. En yakınındaki düğümler seçilerek, enterpolasyon noktasının çevresinde konveks bir şekil oluşturulur. Bu yöntem, verilerin düzensiz dağılımı durumlarında kullanılmaktadır (Şen 2007).

### **2.4.1.3. Spline Enterpolasyon Tekniği**

Spline enterpolasyon yöntemi, IDW'in yaptığı gibi değerlerin ortalamasını almak yerine sanki lastik bir yüzeyi bilinen noktalar boyunca geriyormuş gibi, elastiki bir yüzey oluşturur. Bu germe etkisi, eğer tahmin edilmiş değerler örnek veri içerisinde bulunan en

küçük değerlerin altında veya en yüksek değerlerin üstünde olacak şekilde istenir ise kullanışlıdır. Bu şekilde Spline interpolasyon yöntemi, örnek veriye eklenmemiş düşük ve yüksek değerleri tahmin etmek için kullanışlı hale getirilmiş olur (Küpçü vd., 2008)

Bu yöntem genellikle yükseklik, su derinliği haritası ve hava kirliliği grafiklerinde tercih edilir.

#### **2.4.1.4. Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon(IDW) Yöntemi**

Bu yöntem kendisini çevreleyen bilinen/ölçülmüş örnek noktalarındaki değerler yardımıyla ya da belirli bir matematiksel fonksiyona doğrudan bağlı deterministik bir enterpolasyon yöntemidir. Bu yöntem sayesinde bilinen örnek noktalara ait değerlerin yardımıyla örneklenmeyen noktalara ait değerler belirlenmektedir. Tahmini yapılacak noktadan uzaklaşan çeşitli diğer noktalar gözetilerek (değerlendirilmeye alınarak) ve mesafedeki artışa bağlı olarak bilinmeyen noktanın değeri hesap edilir. Tahmin edilen değerler, komşu civardaki noktaların uzaklığı ve büyüklüğünün bir fonksiyonu olup, mesafenin artması ile tahmini yapılacak nokta üzerindeki önem ve etki azalır. Bu yöntemde verilerin genel dağılımı, eğilimi, anizotropi ve kümelenmesi gibi özellikler incelenmemektedir. Veriler sadece yerel olarak değerlendirilip, karşılaştırılması yapılmaktadır (Başel vd. 2008).

Yapılan incelemeler doğrultusunda en ideal istatistiksel yöntemin IDW yöntemi olduğuna karar verilmiş olup, çalışma alanına ait veriler bu doğrultuda kullanılarak su kalitesi verileri yorumlamaları yapılmıştır.

### 3. BULGULAR

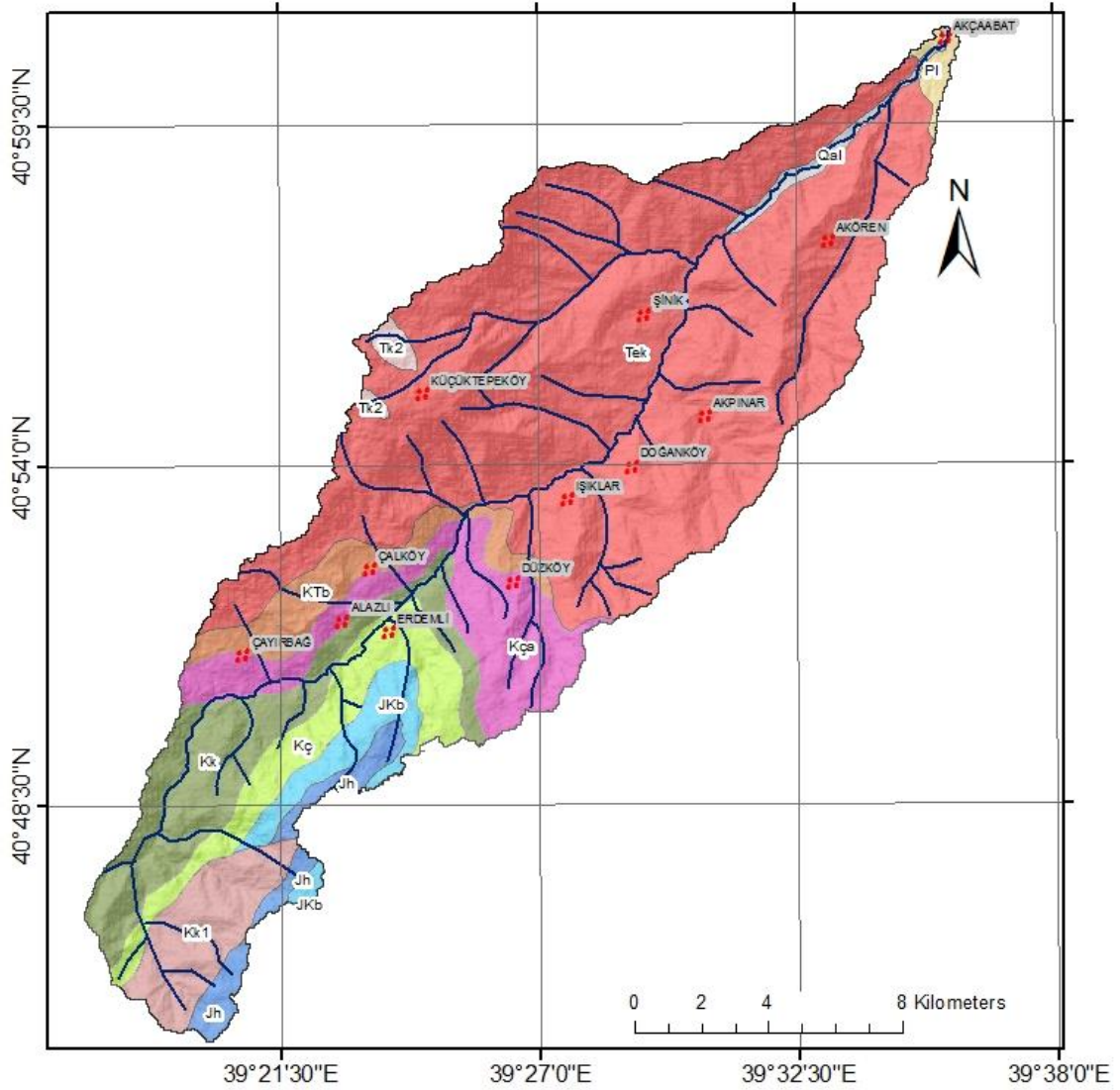
#### 3.1. Çalışma Alanı ve Çevresinin Jeolojisi

##### 3.1.1. Giriş

Çalışma alanına ait Jeoloji Haritaları, MTA Genel Müdürlüğü bünyesinde yapılan 1/25000 ölçekli Trabzon F42-c3-c4 ve G42-b1 paftaları içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanına ait jeoloji haritası ArcGIS yardımı ile kabartma harita üzerine yerleştirilip değiştirilerek yeniden yorumlanmıştır. Şekil 13’de çalışma alanına ait genelleştirilmiş dikme kesit, Şekil 14’de Söğütlü Havzasına ait Jeoloji haritası verilmiştir.

ZAMAN	DEVİR	DEVRE	FORMASYON	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR	
SENOZOYİK	TERSİYER	KUV.	ALV.	Qal		Çakıl, Kum, Kil	
		PLİYOSEN	BEŞİRLİ	Pl		Kumtaşı, Kilitaşı, Konglomera Bazalt, Aglomera	
		EOSEN	KABAKÖY	Tek	Tk2	Kaçkar Granodiyoriti II	
		PALEOSEN	BAKIRKÖY	Ktb		Kumtaşı, Killi Kireçtaşı, Marn, Şeyl, Tüfi	
	MESOZOYİK	KRETASE	GEC KRETASE	ÇAĞLAYAN	Kça		Bazalt-Andezit ve Piroklastları (Çamutaşı, Kumtaşı, Tüfit)
				KIZILKAYA	Kk	Kk1	Kaçkar Granodiyoriti I
				ÇATAK	Kç		Riyodasit-Dasit ve Piroklastları
			ERKEN KRETASE	BERDİGA	Jkb		Bazalt-Andezit ve Piroklastları (Killi Kireçtaşı, Kumtaşı, Silttaşı)
				MALM-ERKEN KRETASE			Alt Seviyeler Dolomitik Kireçtaşı, Üst Seviyeler Killi, Kumlu, Çörtlü Kireçtaşı
				HAMURKESEN	Jh		Bazalt-Andezit-Dasit ve Piroklastları (Ammononitiko Rosso’lu Kırmızı Kireçtaşı, Kumtaşı)

Şekil 13. Söğütlü Havzası stratigrafik kolon kesiti (Güven 1993’ den değiştirilerek alınmıştır)



## AÇIKLAMALAR

□ Havza Sınırları      ~ Dere      •• Yerleşim Yeri

## Litoloji

□ Kuvaterner, Alüvyon, Qal	□ Geç Kretase, Çağlayan Formasyonu, Kça
□ Pliyosen, Beşirli Formasyonu, PI	□ Geç Kretase, Kızılkaya Formasyonu, Kk
□ Tersiyer, Kaçkar Granitoyidi-II, Tk2	□ Geç Kretase, Çatak Formasyonu, Kç
□ Eosen, Kabaköy Formasyonu, Tek	□ Malm-Alt Kretase, Berdiga Formasyonu, JKb
□ Tersiyer, Kaçkar Granitoyidi-I, Kk1	□ Liyas-Dogger, Hamurkesen Formasyonu, Jh
□ Geç Kretase-Paleosen, Bakırköy Formasyonu, KTb	

Şekil 14. Söğütlü Havzası jeoloji haritası (Güven, 1993; Güven, 1998)

### 3.1.1.1. Hamurkesen Formasyonu

İnceleme alanında en altta yer alan Geç Jura- Erken Kretase yaşlı kireçtaşlarından oluşan Berdiga Formasyonunun altında izlenen volkano-tortul karakterli birimdir. Berdiga Formasyonu birimi uyumlu olarak ötmüştür. Ağar (1977) tarafından adlandırılmıştır. Formasyona ait yüzeylemeler inceleme alanının güneyinde yüzlek oluşturmuştur.

Doğu Pontidler'de yaygın bir yüzeyleme alanına sahiptir. Kuzey Zon'da daha çok volkaniklerle temsil edilen istif Güney Zon'da genellikle tuf ve tüfitlerle aralanmalı sedimanter ağırlıklı istif ile temsil edilir. Güney Zon'da bir çok yerde Formasyon taban konlomerası ile başlar, üste doğru Ammonitico-Rosso fasiyesini karakterize eden kırmızı kireçtaşları ile devam eder, kumtaşı-kireçtaşı-marn-tuf-tüfit aralanması ile son bulur (Eyüboğlu, 2006).

Hamurkesen Formasyonun yaşı kapsadığı kırmızı-bordo renkli kireçtaşlarında bulunan; *Involutina Liassica* (JONES), *Trocholina* sp., *Lenticulina* sp., *Spirilina* sp., *Vidalina Mortana* (FARINACCI), *Lingulina* sp., *Lagenidae* sp. fosil türlerine göre Liyas olarak belirlenmiştir (Güven, 1998).

### 3.1.1.2. Berdiga Formasyonu

İlk olarak Pelin 1977 tarafından tanımlanan ve neritik karbonatlardan oluşan birim, inceleme alanında Liyas yaşlı volkano-tortul istifin (Hamurkesen Formasyonu) üzerinde bulunmaktadır.

Formasyona ait yüzeylemeler inceleme alanının güneyinde yüzlek oluşturmuştur. Birim, gri, bej renkli, orta-kalın tabakalı ve yer yer masif karbonatlardan meydana gelmiştir (Korkmaz, 1993 ).

Kireçtaşlarına saplanan *Trachiline Alpina* (LEOPLD), *Trochiline Elongate* (LEOPOLD), *Hedbergella* sp., *Tricinella* sp., *Orbitolina* sp., *Textularia* sp., *Globigerinolloides* sp. ve *Miliolidae*, *Lagenidae*, *valvulinidae*, *ophtalmidae*, Mercan formlarına göre Berdiga Formasyonu Geç Jura-Erken Kretase yaşındadır (Güven, 1998).



### 3.1.1.3. Çatak Formasyonu

Çatak Formasyonu inceleme alanında netritik karbonatlar (Berdiga Formasyonu) üzerine uyumlu olarak gelen bazik karakterli volkano tortul birimdir. Birim Kızılkaya Formasyonu ile uyumlu olarak üstlenmiştir. İlk olarak Güven (1993) tarafından adlandırılmıştır.

Formasyona ait yüzeylemeler inceleme alanının güneyinde yüzlek oluşturmuştur. Çatak Formasyonu başlıca bazalt, andezit ve piroklastları ile kumtaşı, silttaşı, marn, şeyl ve kırmızı-bordo renkli killi kireçtaşı düzeylerinin aralanmasından oluşur. Birimin tuf ve breşlerden oluşan volkanik seviyeleri koyu gri, yer yer siyah renkli, ayrıştığında kahve renklidir (Güven,1998).

Birim içindeki kırmızı-bordo renkli kireçtaşlarından alınan örneklerde tanımlanan *Globotruncana Lapparenti* (BROTZEN), *Globotruncana Linneiana* (D'ORBIGNY), *Globotruncana sp.*, *Marginetruncana sp.*, *Globigerinella sp.*, *Globigerinelloides sp.*, *Gümbelina sp.*, *Hedbergella sp.*, formları Geç Kretase-Paleosen yaşlarını belirler (Güven,1998).

### 3.1.1.4 Kızılkaya Formasyonu

Çatak Formasyonunu üstleyen asidik karakterli kayaç ve piroklastlardır. Birim Çağlayan formasyonu ile uyumlu olarak üstlenmiştir. İlk olarak güven (1993) tarafından adlandırılmıştır.

Formasyona ait yüzeylemeler inceleme alanının güneyinde yüzlek oluşturmuştur. Kızılkaya Formasyonu, çoğunlukla riyodasitik, dasit ve piroklastlardan oluşur. Çatak Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen lavlar, genellikle sarımsı ayrışmalı gri renkleri ve prizmatik kolon yapıları ile dikkati çekerler. Yersel çok iri kuvarslı, porfirik dokulu ve akma (flüidal) yapılarıdır (Güven,1998).

Kızılkaya formasyonu içinde paleontolojik yaş tayinine yardımcı olacak veriler yoktur. Geç Kretase yaşlı birimler üzerine gelen ve Çağlayan Formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülen dasitlerin Geç-Kretase yaşında olduğu kabul edilmiştir (Güven, 1998).

### 3.1.1.5. Çağlayan Formasyonu

Asidik volkanitleri (Kızılkaya Formasyonu) üstleyen ikinci evreli bazik karakterli volkanit, volkanolastik ve çökel kaya ardalanmasından oluşan volkano-tortul birimdir. İlk defa Güven (1993) tarafından adlandırılmıştır.

Formasyon'un egemen kaya türünü oluşturan bazalt, andezit ve piroklastlarının arasında kumtaşı, marn ve kırmızı-bordo renkli killi kireçtaşı ara seviyeleri bulunur. Genellikle koyu renkli olan lavlar yersel sert, kırıklı ve çatlaklıdır (Güven,1998).

Bazalt, andezit ve piroklastların arasında bulunan kırmızı-bordo kireçtaşlarından alınan örneklerdeki; *Globotruncana arca* (CHUSMAN), *Globotruncana lapparent-tricarinata* (QUEREAU), *Globotruncana cf. bulloides* (VOGLER), *Globotruncana coronata* (BOLLİ), *Globigerina sp.*, *Gümbelina sp.* formları Çağlayan Formasyonunun Geç Kretase yaşında olduğunu belgeler (Güven,1998).

### 3.1.1.6. Bakırköy Formasyonu

İnceleme alanında Çayırbağı kuzeyi, Çalköy, Düzköy arasında şerit şeklinde uzanan türbditik fasiyes çökellerinden oluşan birimdir. Güven(1993) tarafından Bakırköy (Artvin) yöresinde Bakırköy Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birim kuzey zonda izlenir. Genel olarak killi, kumlu kireçtaşı, marn, şeyl ve az oranda kumtaşı ardalanmasından oluşmuştur(Güven, 1998).

Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu tarafından açısız uyumsuz olarak örtülen Bakırköy Formasyonundaki *Globotruncana lapparentitricarinata* (QUEREAU), *Globotruncana arca* CHUSMAN, *Globigerina sp.*, *Gümbelina sp.*, *Orbitoides sp.*, *Marsonella cf.*, *oxycona* (REUSS), *Siderolites sp.*, *Robulus sp.*, *Discocyolina sp.*, *Textularia sp.*, Miliolidae, Rotalidae formları Geç Kretase-Paleosen yaşına işaret eder(Güven, 1998).

### 3.1.1.7. Kabaköy Formasyonu

İnceleme alanının büyük bir kısmını kaplayan Formasyon volkano-tortul birimdir. Tipik olarak Kabaköy (Gümüşhane) yöresinde yüzeyleme verir. Genellikle kırıntılı

çökellerle başlayıp üst zonlara doğru volkanik karakterli istif ilk olarak Güven (1993) tarafından Kabaköy Formasyonu olarak tanımlanmıştır.

Formasyon içinde yer alan; *Nummulites cf. globulus* LEYMERIE, *Assilina cf. exponens* SOWERBY, *Assilina cf. spira*, *Nummulite sp.*, *Discocyclina sp.*, *Asterocyclina sp.*, *Actinocyclina sp.*, *Amphistegina sp.* formları Eosen'i belgeler(Güven, 1998).

### 3.1.1.8. Kaçkar Granitoidleri

İnceleme alanının KB' sında yüzeylenen Kaçkar Granitoyidi II (Tk2) intrüzipleri; Eosen yaşlı Çağlayan formasyonu içinde izlenir. İnceleme alanında güneyde yüzeylenen Kaçkar Granitoyidi I (Kk1) Geç Kretase yaşlı birimleri kesmiştir. Bu birimler İntrüzyon yaşına bakılmaksızın Güven (1993) tarafından Kaçkar Granitoyitleri adı ile tanımlanmıştır.

Genellikle gri, yeşilimsi gri, yer yer pembemsi renkte, çok kırıklı çatlaklı olan granitoyitler taneli veya porfirik dokuludur. Mineral kompozisyonları ve dokularına göre, granit, granodiyorit, mikrogranit, kuvars porfir, kuvarslı diyorit ve diyoritler ayırtlanabilir (Güven,1998).

### 3.1.1.9. Beşirli Formasyonu

İnceleme alanının kuzeyinde yer alan Formasyon kaba taneli kırıntılı çökellerle başlayıp üst zonlara doğru tüflerle temsil edilen istiftir. İlk olarak Güven (1993) tarafından Beşirli Formasyonu olarak tanımlanmıştır.

Çakıltaşı, kumtaşı ve tüflerden oluşan birim Beşirli Formasyonu Kabaköy Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Genellikle gevşek çimentolu, iri taneli konglomera, daha az kumtaşı ve kıltaşı seviyelerinde oluşur. Beşirli Formasyonu malzemesi tümüyle Kabaköy Formasyonu'ndan türemiştir. Konglomeralar, yer yer iri andezit veya bazalt çakıl ve blokların ile onları bağlayan çimentodan oluşmuştur(Güven, 1993).

Beşirli Formasyonunun yaşını tayin edebilecek herhangi bir paleontolojik veri olmadığından formasyona net olarak yaş verilmemiştir. Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu

üzerine uyumsuz olarak gelen ve Beşirli Formasyonu için Pliyosen yaşında olduğu kabul edilmiştir.

### **3.1.1.10. Alüvyonlar**

İnceleme alanının havza sınırları içerisinde iç kesimlerinden doğan ve Karadeniz'e dökülen Söğütlü Deresinin denize yakın kesimlerindeki düzlük alanlarda çökelen kil, silt, kum, çakıl yığınlarından oluşan güncel oluşuklardır.

## **3.2. Söğütlü Havzası Yüzeysel Sularının Kalitesi**

### **3.2.1. Giriş**

Su canlı yaşamı için vazgeçilmez bir bileşiktir. Yeryüzünde sıvı, katı ve gaz olmak üzere üç fazda bulunan tek maddedir. Bulutlardaki su (su buharı), suyun gaz fazının; deniz, göl ve akarsulardaki su, suyun sıvı fazının; kar, dolu ve buzullardaki su ise, suyun katı fazının örneklerindedir. Su yer kürede bu fazları oluştururken konumsal olarak da dinamik bir karaktere sahiptir. Suyun bu dinamik özelliği 'su döngüsü hidrolojik çevrim' olarak bilinen süreç içinde kendini gösterir. Hidrolojik çevrim en basit şekliyle terleme, sızma, yüzeyaltı su akışına ve buna ek olarak suyun okyanuslardan buharlaşması yağışlarla okyanuslara ve karalara geri dönmesi, karalara düşen suyun toplanıp tekrar okyanuslara ulaşması olarak tanımlanabilir. Suyun karalardaki varlığı hidrolojik çevrim sonucu sürdürülebilir olmaktadır (Alparslan vd., 2008).

Su kalitesi de hidrolojik dolaşım ile ilişkilidir. Suyun sahip olacağı kalite daha yağmur damlası haline geçerken oluşur. Yağmurda toprağa düşerken havada bulunan partikülleri bünyesine alır. Toprağa düştüğünde ise yüzeyde akmaya başlar ve sonra toprak parçacıklarını içine toplar. Topraktaki bakteriler suya karışır.

Su, toprağa geçerken filtre olayı nedeniyle içinde bulunan asılı maddeler, bakteriler ve diğer mikroorganizmalar da dâhil olmak üzere kısmen veya tamamen temizlenir; fakat bu defa da toprakta bulunan madensel tuzlar vb. çözünerek suya karışır. Bu nedenle yeraltı sularının içerisinde yüzeysel sulara göre daha büyük oranda çözünmüş madde bulunmaktadır. Bu maddelerin bir bölümünün suda bulunması istenirken, toksik olan

maddelerin hiçbirisinin suyun içerisinde bulunmaması gerekir. Doğa tarafından meydana gelen bu kirlenmelerin dışında insanların tarımsal etkinlikleri sonucu kullandıkları gübreleme veya tarımsal ilaçlar nedeni ile de sular kirlenebilir (Güler ve Çobanoğlu,1994).

Yeryüzüne düşen yağmurlar ve eriyen karlar nehirlerde, göllerde ve çeşitli yataklarda toplanarak yüzey sularını oluşturur. Yüzeysel sular; deniz suları, akarsu, göl ve baraj rezervuarlarındaki sulardır.

Birçok yerde akarsular, kanalizasyon atıkları da dâhil olmak üzere, organik maddeler tarafından aşırı derecede kirletilmektedir. Sanayi kentlerinde de yine akarsular organik ve inorganik maddeler ile kirlenmektedir. Göl sularında akarsulara göre daha az bakteri bulunmaktadır. Göllerin ortalarından alınan sular, kıyılarına yakın yerlerden alınan sulardan daha temizdir.

Yüzeysel suların kalitesi çoğunlukla düşüktür, çünkü kirli ve mikroplu olması yanında çok defa suya katılan katı maddeler içermesi nedeniyle de bulanıktır. Genellikle suyu bir yerde bekleterek, içindeki maddeleri çökeltmek, güneşin renk giderme özelliğinden yararlanarak rengini açmak ile kalitesini düzeltmek mümkündür. Ayrıca suların bekletilmesi ile içindeki bakteriler, doğal ömürlerini tamamlayarak ölür (MEB, 2011).

Yüzey sularının kalitesinin tanımlanması, ‘Su Kirliliği Yönetmeliği’ nin ‘Kıta İçi Yüzeysel Suların Sınıflandırılması (SKKY, 2004)’ ile yapılmaktadır. İçme suları ise ‘İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı (TS-266, 2005)’ ile yapılmaktadır. Bu çalışmada her iki standarda göre de değerlendirme yapılmıştır. Kıta içi yüzeysel suların kalitelerine göre yapılan sınıflamalara göre; I. Sınıf: Yüksek kaliteli su, II. Sınıf: Az kirlenmiş su, III. Sınıf: Kirli su, IV. Sınıf: Çok kirlenmiş su olarak tanımlanmıştır. Su kalite parametreleri ve bunlara ait sınırlar I., II., III. ve IV. Sınıf için ayrı ayrı verilmiştir. Bir su kaynağının bu sınıflardan herhangi birine dâhil edilebilmesi için bütün parametre değerleri, o sınıf için verilen parametre değerleriyle uyum halinde bulunmalıdır.

### **3.2.2. Suların Hidro-Kimyasal Özellikleri**

#### **3.2.2.1. Fiziksel Parametreler ve Ana Anyon, Katyonlar**

Su kalitesi çalışmalarında yerinde yapılan ölçümler suyun orijinal yapısının bozulmadan bulunduğu yerdeki özelliklerini belirlemeye ve suyun fiziksel, kimyasal

özellikleri hakkında anında veri teminine olanak sağladığından büyük önem taşımaktadır (Şener vd., 2010).

Yerinde ölçümler sonucunda belirlenen su sıcaklığı, sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen, toplam çözülmüş madde parametreleri diğer su kalitesi değerlendirme parametreleri ile doğrudan ilişkili olduğundan bu veriler bir bakıma diğer analiz sonuçlarının elde edilmesi sürecinde ön bulguları oluşturmaktadır. Laboratuvar sonuçlarına göre elde edilen Katyonlar ise Ca, Mg ve Na değerleridir. Katyonlar pozitif yüklü iyonlardır. Anyonlar ise negatif yüklü iyonlar olup  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$  iyonlarıdır. Yapılan analiz sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Söğütlü Deresindeki sulara bulunan fiziksel parametreler, ana anyon ve katyon (mg/l)

Örnek No	T(°C)	pH	DO	Eİ ( $\mu S/cm$ )	TDS	Sertlik	Ca	Mg	Na	$SO_4^{2-}$	$Cl^-$	$HCO_3^-$
K-1	8	7.5	11.24	61	58	50.75	15.4	2.99	2.39	6.22	2.263	48.8
K-2	15.20	7.1	10.71	258	223	185.99	61.9	7.64	7.06	30.61	5.49	179.34
K-3	15	7.36	9.7	250	217	218.48	71.1	9.96	5.76	4.96	1.62	248.88
K-4	12.45	6.98	11.05	105	95	89.65	28.5	4.5	3.52	11.19	2.75	88.45
K-5	16.52	7.17	9.41	136	114	118.79	37.9	5.88	1.82	7.48	1.52	126.27
K-6	16.44	7.41	8.26	99	82	85.34	25.5	5.28	2.06	0.9	1	93.94
K-7	10.43	6.89	8.53	185	78	134.70	46.8	4.33	3.36	0.87	1	159.82
K-8	10.98	6.82	5.36	85	162	142.27	49.4	4.59	3.71	0.7	0	172.02
K-9	13.22	7.25	4.57	152	130	138.38	46.7	5.29	4.57	0	0	167.75
K-10	20.05	7.08	4.31	141	116	128.13	40.8	6.39	2.52	9	2.28	131.15
K-11	10.67	6.63	3.68	119	107	113.91	38.5	4.38	2.98	5.84	1.66	125.66
K-12	11.82	6.74	3.64	115	102	120.7	38.4	6.04	3.45	12.16	2.6	122
K-13	12.03	7.02	3.74	125	109	136.43	43.3	6.89	3.61	12.38	2.62	139.08
K-14	10.92	7	3.72	76	61	146.03	45.9	7.65	3.65	10.54	2.67	150.67
K-15	9.5	6.72	3.52	109	94	123.39	39.2	6.21	1.88	6.82	1.77	128.71
K-16	15.60	6.75	3.9	100	100	114.25	37.7	4.89	2.97	4.7	1.52	126.88
K-17	15.04	6.67	2.76	143	119	134.15	65.5	9.67	4.9	12.78	2.93	216.55

### 3.2.2.1.1. Sıcaklık (T°C)

Bu parametre tamamen damak tadına hitap eder. İçime en uygun sıcaklık 10-12°C civarındaki sulardır. 20 °C'nin üzerindeki sıcaklıktaki sular çok lezzetsiz ve bulantı verici olabilir. Endüstriyel amaçlı olarak kullanılan sularda sıcaklık tayini pek istenmese de içilecek sularda oldukça önemlidir.

Sıcaklık, biyolojik aktiviteyi (mikroorganizma gelişim hızı) etkiler. Sıcaklık arttıkça suda oluşan reaksiyonların hızı artar; sudaki çözülmüş oksijen miktarı azalır. Katıların suda çökme ve ayrışma hızları da sıcaklıkla değişim gösterir (MEB, 2011)

Sıcaklık göllerde tabakalaşmanın belirlenmesinde ölçülmesi gereken en önemli parametredir. Ayrıca, su kaynağındaki biyolojik ve kimyasal işlemleri etkilediğinden pek çok parametrenin konsantrasyonu değişmektedir (Ünlü vd., 2008).

Çalışma alanında elde edilen veriler, Tablo 4'te gösterilen 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na ait değerler dikkate alınarak sınıflandırılmıştır.

Tablo 4. 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre sıcaklık kalite kriterleri (SKKY, 2004)

	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf
Sıcaklık (°C)	< 25	25	25-30	> 30

Çalışma alanında sıcaklık en yüksek değeri 20,5 °C olan K-10, en düşük değer olan 8°C'yi gösteren K-1 noktalarıdır. 'Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na bütün noktalar I. Sınıf sular sınıfında yer almakta ve bu yüzey sularındaki değişimler örneklerin alındığı tarihteki hava sıcaklığı ile ilişkilidir.

### 3.2.2.1.2. pH

pH bir çözeltinin asit veya baz olma özelliğinin şiddetini gösteren bir ifadedir. Çözeltide bulunan hidrojen (H<sup>+</sup>) iyonunun aktivitesidir.

Örneğin, saf su H<sup>+</sup> ve OH<sup>-</sup> iyonları açısından dengededir ve pH değeri 7'dir. Yani nötrdür. Ölçüm skalası 0 ile 14 arasında değişir. pH, 7' nin altında iken su asidik; pH 7' nin üstünde iken su bazik özelliktedir (Hem, 1985).

pH, suyun korozif veya çökelme eğiliminin bir göstergesi ve arıtma sistemlerinin tasarımında da önemli bir kriterdir. pH'ı 7'den düşük olan sular asidiktir, CO<sub>2</sub> ve HCO<sub>3</sub> iyonları baskındır ve aşındırıcı etkiye sahiptir. Düşük pH'lı sular, korozif oldukları için borulardaki birtakım zehirli metalleri çözebilirler. Yüksek pH'a sahip sularda ise pH'ı yükselten kimyasalların zararlı olup olmadığı belirlenmelidir. pH'ı 7'den fazla olan suda tat problemi ortaya çıkar; suya sabunumsu bir kayganlık hissi verir. Ayrıca, bu tür suların taş yapma özelliği olur. pH'ın düşük ya da yüksek olması en başta endüstriyel kirlenmeye bağlıdır. Ayrıca suyun geçtiği topraklar da pH'ı etkiler. Organik maddelerin su içinde bozunması sonucunda suyun pH'ı değişebilir. NH<sub>3</sub> oluşumunda pH yükselir; CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>S oluşumunda ise pH düşer. pH, içme suyunun güvenliği hakkında doğrudan bilgi vermez; ancak hijyenik kalitesinin belirlenmesinde önemli bir faktördür (MEB, 2011).

Çalışma alanında elde edilen veriler, Tablo 5'te gösterilen 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na ait değerler dikkate alınarak sınıflandırılmıştır.

TS-266'ya göre pH sınır değerleri 6.5-9.5 olarak belirlenmiştir.

Tablo 5. 'Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre pH kalite kriterleri (SKKY, 2004)

	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6-9	6-9 dışında

Çalışma alanında pH en yüksek değeri 7.5 olan K-1, en düşük değer olan 6.63'ü gösteren K-11 noktalarıdır. Bu değerler TS-266 değerine standart sınır içinde olup kullanım açısından uygundur. 'Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre ise bütün noktalar I. Sınıf sular sınıfında yer almaktadır.

### 3.2.2.1.3. Çözünmüş Oksijen (DO)

Suda çözünmüş gazlar su kalitesi ile doğrudan ilişkisi vardır. Akarsu ve göllerdeki çözünmüş oksijen diğer fiziksel ve kimyasal olaylar gibi sıcaklık, basınç ve suyun taşınma koşullarına bağlıdır. Su kirliliği ile ilgili biyokimyasal süreçlerin incelenmesinde çözünmüş oksijen miktarı temiz su organizmaları için önemlidir. Fotosentez işlemi su kütlelerinde



önemli bir oksijen kaynağıdır ve sıvı-gaz ara yüzünde oksijen konsantrasyonu sadece atmosferik gazların asimilasyon işi değildir (Hem, 1985).

Oksijen gazı sulu ortamda serbest halde bulunur. Doğal sulardaki oksijenin kaynağı atmosferde bulunan oksijenin çözünmesi veya fotosentez yapan canlıların oksijen üretimidir. Oksijenin harcanması ise soluma yapan canlıların ve kimyasal bozunmaya uğrayan organik-anorganik maddelerin oksitlenmesi aracılığıyla olur (Türkdemir, 1996).

Bünyesine atık maddeler eklenen bir nehirdeki çözülmüş oksijen konsantrasyonu azalır. Çünkü kirlenen suda oksijenin tüketilme hızı, oksijenin üretilme hızından daha fazladır. Çalışma alanında da güneyden kuzeye doğru DO miktarında azalma meydana gelmiş bu da derenin kaynaktan uzaklaştıkça kirlenmesinin arttığını göstermektedir.

Çalışma alanında elde edilen veriler, Tablo 6'da gösterilen 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na ait değerler dikkate alınarak sınıflandırılmıştır.

Tablo 6. 'Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre çözülmüş oksijen kalite kriterleri (SKKY, 2004)

	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf
Çözülmüş oksijen (mg /L)	> 8	6-8	3-6	< 3

Çalışma alanında çözülmüş oksijen (DO) en yüksek değeri 11.24 mg/L olan K-1, en düşük değer olan 2.76'yı gösteren K-17 noktalarıdır. 'Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre K-17 noktası IV. Sınıf, K-8, K-16 arası örnek noktaları III. Sınıf, K-1, K-7 arası örnek noktaları ise I. Sınıf sular sınıfına girmektedir.

#### 3.2.2.1.4. Elektriksel İletkenlik (Eİ)

İletkenlik, suyun elektrik akımını iletme kapasitesi veya çözeltinin elektrik akımını geçirmeye karşı gösterdiği dirençtir. İletkenlik, sudaki çözülmüş maddelerin bir göstergesidir. Bu sebeple izleyici bir parametredir. Bu durum, iyonize olmuş maddenin toplam konsantrasyonuna ve sıcaklığa bağlıdır. Çözülmüş iyonların mobilitesi, yükü ve konsantrasyonu iletkenliği etkileyen faktörlerdendir. İçme suyunda iletkenlik artışı, suyun kirlendiğini ya da suya deniz suyunun karıştığını gösterir (MEB, 2011).

Elektriksel iletkenlik suların içerdiği tuzların miktarını, suyun elektriği geçirme özelliğinden yararlanarak belirlemektedir. Belirlenmesi hızlı ve kolay olduğu için toplam tuz konsantrasyonuna göre daha çok kullanılmaktadır. Sıcaklık arttıkça aynı konsantrasyondaki çözeltinin ölçülen  $EC \times 10^6$  değeri artar. Elektriksel iletkenlik suyun başında ölçülmektedir (EİEİ, 2005).

Çalışma alanında elde edilen veriler, Tablo 7’de gösterilen ‘Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na ait değerler dikkate alınarak sınıflandırılmıştır.

TS-266’ ya göre elektriksel iletkenlik sınır değerleri 20 °C’de 2500  $\mu S/cm$  sınır değeri olarak belirlenmiştir.

Tablo 7. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre iletkenlik kalite kriterleri (SKKY, 2004)

	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf
İletkenlik ( $\mu S/cm$ )	< 400	400-1000	1000-3000	> 3000

Çalışma alanında iletkenlik en yüksek değeri 258  $\mu S/cm$  olan K-2, en düşük değer olan 61  $\mu S/cm$ ’yi gösteren K-1 noktalarıdır. Bu değerler TS-266 değerine göre standart sınır altında olup kullanım açısından uygundur. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre ise bütün noktalar I. Sınıf sular sınıfında yer almaktadır.

### 3.2.2.1.5. Toplam Çözünmüş Madde (TDS)

Toplam çözünmüş maddesi çok düşük olan sular agresif ve koroziftirler. Bu nedenle özel kullanımlarda tedbir alınmalıdır. Toplam çözünmüş madde (TDS), suların mineral ve iyon zenginliğini gösteren önemli bir parametredir. 1000mg TDS/L derişimi "Tatlı Su" kaynakları için üst limittir. 1000-10000mg TDS/L derişimine sahip sular genel olarak "Acı Su" olarak tanımlanırken, daha fazla TDS içeren sular "Tuzlu Su" olarak tanımlanır. Sularda yüksek oranda TDS bulunması borular içinde tabakalaşmaya da sebep olabilir. İçme suyundaki yüksek konsantrasyonları ishal etkisi gösterebilir. Bu özellikteki bir su, endüstriyel veya sosyal su temininde kısıtlı amaçlar haricinde kullanılamayacağı gibi, sulama suyu amaçlı olarak da kullanılamaz. Askı maddeleri suların estetik, içme, endüstriyel kullanım gibi çeşitli amaçlar için yararlanılmasını doğrudan etkiler. Doğal

sularda, ışık geçirgenliğini azaltıp dip birikintilerine yol açarak ya da doğrudan zarar vererek su canlılarını etkiler. Kanallarda ve arıtma sistemlerinde önlem alınması ihtiyacını ortaya koyar(Erguvanlı ve Yüzer,1973).

Çözünmüş toplam katı madde miktarı sınıflaması Tablo 8 yardımı ile yapılmıştır.

Tablo 8. Çözünmüş toplam katı madde miktarına göre su sınıflandırılması (Erguvanlı ve Yüzer, 1973)

Çözünmüş Katı Madde Miktarı (TDS) (mg/l)	Sınıf
0–1000	Tatlı Su
1000–10000	Acı Su
10000–100000	Tuzlu Su
100000'den fazla	Deniz Suyu

Çalışma alanında çözünmüş toplam katı madde miktarı en yüksek değeri 223 mg/L olan K-2, en düşük değer olan 58 mg/L'yi gösteren K-1 noktalarıdır. Bu değerler ise 0-1000 mg/l arası değere karşılık gelen ' Tatlı Su' sınıfında yer almaktadır.

### 3.2.2.1.6. Sertlik

Sertlik su içerisindeki çözünmüş kalsiyum ve magnezyum içeriğinden gelen bir özelliktir. Kalsiyum ve magnezyumdan gelen sertlik geçici diğer elementlerden gelen sertlik ise kalıcı sertliktir. 1 Alman sertliği 10 mg/L CaO, 1 Fransız sertliği 10 mg/L CaCO<sub>3</sub> 'a karşılık gelen sertlik verici tuz veya iyonun meydana getirdiği sertliktir. Fransız sertliğine göre suların sınıflaması Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Fransız sertlik sınıflaması

Sertlik	Sınıf
0– 7.2	Çok yumuşak
7.2 – 14.5	Yumuşak
14.5 – 21.5	Az sert
21.5 – 32.5	Oldukça sert
32.5 – 54	Sert
> 54	Çok sert sular

Çalışma alanında K-3 noktası 218 mg/L ile en yüksek, K-1 noktası ise 50.75 mg/L değeri ile en düşük sertlik değerine sahip noktalardır.

### 3.2.2.1.7. Sodyum (Na)

Sodyum bileşikleri suda kolayca çözülürler. Suyu tuzlu bir tat verdiği için içme sularında 200 mg/L'den fazla sodyum istenmez. Ancak insanlar için fizyolojik açıdan çok zararlı değildir. Korozyonu etkilemez. Bitkilerin gelişmesi için çok az  $\text{Na}^+$  'a ihtiyaç vardır. Fakat fazlası zehir etkisi gösterir. Ayrıca  $\text{Na}^+$  toprak kümelerinin dağılmasına, toprağın hava ve su permeabilitesininin (hidrolik geçirgenlik) azalmasına neden olur. Toprakta yüksek miktarda bulunan  $\text{Na}^+$ , bazı bitkilerde kalsiyum veya potasyum yetersizliği yaratmaktadır. Böylece dolaylı olarak da bitki gelişmesini olumsuz etkiler. Sodyum deniz suyunda (ortalama 10 000 mg/L) NaCl olarak bulunur (MEB, 2012).

Çalışma alanında elde edilen verilerin 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları''na göre (Tablo 10) sınıflandırma yapılmıştır.

Tablo 10. 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları''na göre sodyum kalite kriterleri (SKKY, 2004)

	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf
Sodyum (mg /L)	<125	125	250	> 250

Çalışma alanında en yüksek değer 7.06 mg/L olan K-2 noktasında en düşük değer ise 1.82 mg/L olan K-5 noktasında ölçülmüştür. Bu değerler TSE-266 standart sınır değeri altında olup kullanım açısından uygundur. 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları''na göre ise bütün noktalar I. Sınıf sular sınıfında yer almaktadır.

### 3.2.2.1.8. Sülfat İyonu ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

Sülfat iyonu doğal sularda çok sık rastlanan ve konsantrasyonu litrede bir kaç mg'dan, bir kaç bin mg'a kadar değişen miktarlarda bulunan bir iyondur. Yeraltısuyunda bulunan sülfatın başlıca kaynağı jips ve anhidrittir. Ayrıca piritin oksidasyonu ile de sülfat oluşabilir. Jips suda çok çözünen bir maddedir. Soğuk suda 2000 mg/L'ye kadar

çözünebilir. Bu yüzden sulardaki sülfatın en önemli kaynağı jipstir. Sulardaki sülfatlar, jips ve diğer tuzlardan süzülme yoluyla ya da sülfür, sülfid oksitlenmesinden, konutsal ve endüstriyel atıklardan (özellikle tabakhane, kâğıt ve tekstil sanayi ya da SO<sub>4</sub> veya H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kullanılan tesislerde) meydana gelebilir. Suların içinde bulunan Pb, Ba, Sr ve Ca Sülfatlar çözünmez, ancak Na, K ve amonyum sülfatlar çok fazla çözünür haldedirler(URL- 10).

Çalışma alanında elde edilen verilerin ‘Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre (Tablo 11) sınıflandırma yapılmıştır.

Evsel su kaynaklarındaki sülfat miktarı insan vücudu için zararlıdır. Bu yüzden TS-266’ ya göre üst limiti değer olarak 250 mg/L olarak tavsiye edilmiştir.

Tablo 11. ‘Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre sülfat iyonu kalite kriterleri (SKKY, 2004)

	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf
Sülfat iyonu (mg/L)	<200	200	400	> 400

Çalışma alanında en yüksek değer 30.61 mg/L olan K-2, en düşük değer ise 0 değeri ile K-9 noktasıdır. Bu değerler TSE-266 standart sınır altında olup kullanım açısından uygundur. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre ise I. Sınıf sular sınıfında yer almaktadır.

### 3.2.2.1.9. Klorür İyonu (Cl<sup>-</sup>)

Klorür doğal sulara çeşitli yollarla karışır. Suyun çözücü gücü toprağın üst tabakalarındaki ve daha dip toprak oluşumlarındaki klorü çözer ve bünyesine alır. Tuzlu deniz suyunun sprey halinde havaya karışması ve daha sonra bu suyun buharlaşıp küçük tuz kristallerinin hava yoluyla taşınması ile karasal alanlara geçer. Böylece bu su damlacıkların düştüğü karasal alanlarda klorür kaynaklarının eksikliği tekrar tamamlanmış olur (Samsunlu,1999 ).

Klorür, doğal sulara çeşitli konsantrasyonlarda bulunur. Klorür miktarı, mineral miktarına bağlı olarak artar. Dağ sularında klorür miktarı az olmasına karşılık nehir ve yeraltı sularında fazladır. Sulara az miktarda bulunması sağlığa zararlı değildir (Tosun, 1973).

Çalışma alanında elde edilen veriler, Tablo 12’de gösterilen ‘Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na ait değerler dikkate alınarak sınıflandırılmıştır.

Belli konsantrasyonlardaki klorür insanlar için zararlı değildir ve 250 mg/L’ den yüksek konsantrasyonlar suya tuz tadı verir.

Tablo 12. ‘Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre klorür iyonu kalite kriterleri (SKKY, 2004)

	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf
Klorür iyonu (mg/L)	<25	25-200	200-400	> 400

Çalışma alanında K-2 noktası 5.49 mg/L değeri ile en yüksek klorür içeriğine sahip nokta iken, K-8 ve K-9 noktaları ise klorür içermemektedir. Bu değerler TS-266 değerine göre standart sınır altında olup kullanım açısından uygundur. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre ise I. Sınıf sular sınıfında yer almaktadır.

#### 3.2.2.1.10. Alkalinite ( $\text{HCO}_3^-$ )

Bir suyun alkalinitesi, o suyun asitleri nötrale edebilme kapasitesidir. Alkalinite pH değerlerine karşı suların gösterdiği direncin bir ölçüsü olması nedeni ile incelenen suyun tampon kapasitesini yansıtır. Bunların başında yer alan bikarbonatlar alkalitenin en önemli şeklidir. Bikarbonatlar karbondioksitin topraktaki bazik maddeler üzerindeki faaliyeti sonucu sulara oluşurlar. Bazı durumlarda doğal sular, önemli miktarlarda karbonat ve hidroksit alkalinitesi içerebilir. Bu durum özellikle alglerin ürettiği yüzeysel sulara rastlanır. Algler sudaki serbest veya iyonize aldeki karbondioksiti alırlar ve bunun sonucu olarakta suyun pH’sını 9-10’a kadar yükseltirler. Halk sağlığı açısından az bir öneme sahiptir. Yüksek alkalinite içeren sular tatsızdır. (Samsunlu, 1999)

Çalışma alanında bikarbonat açısından değerlendirme yapıldığında 248.88-48.8 mg/L arasında değerler elde edilmiştir.

### 3.2.2.2. İz Elementler

Doğal dolanım mekanizmalarına giren iz elementler insan eliyle veya doğal kaynaklardan çevreye bulaşrlar. İz elementlerin birikimi ve bunların nedenleri önemli çevresel sorunlar arasına girmiştir(Samsunlu, 1999). Yapılan analizler sonucunda elde edilen değerler Tablo 13’de verilmiştir.

Tablo 13. Söğütlü Deresindeki sulara bulunan iz elementler (değerler mg/L)

Örnek No	Fe	Al	Cu	Pb	Co	Mn	Ni	Cd	As	Cr	F
K-1	0.165	0.343	0.006	0.003	0	0.024	0.001	0	0.001	0.003	0.125
K-2	1.69	1.29	0.001	0.011	0.003	0.157	0.005	0	0.008	0.001	0.13
K-3	2.73	1.49	0	0.012	0.003	0.178	0.010	0	0.008	0.001	0.07
K-4	1.11	0.967	0.004	0.012	0.002	0.105	0.003	0	0.002	0.002	0.16
K-5	0.074	0.210	0.005	0.008	0	0.026	0.001	0	0.003	0.003	0.09
K-6	0.261	0.437	0.006	0.007	0.001	0.041	0.001	0	0.003	0.002	0
K-7	0.429	0.450	0.004	0.009	0.001	0.045	0.001	0	0.004	0.001	0
K-8	0.45	0.494	0.005	0.005	0	0.046	0.001	0	0.003	0.003	0
K-9	1.93	1.86	0.002	0.012	0.003	0.170	0.006	0	0.004	0.002	0
K-10	0.861	1.16	0.005	0.003	0.001	0.079	0.003	0	0.006	0.001	0.14
K-11	3.52	2.37	0.003	0.005	0.003	0.203	0.005	0	0.004	0.001	0.09
K-12	3.42	2.84	0	0.015	0.005	0.458	0.009	0	0.002	0.001	0.11
K-13	4.55	3.66	0.002	0.016	0.006	0.569	0.010	0	0.006	0	0.13
K-14	3.44	2.79	0.001	0.007	0.004	0.256	0.006	0	0.004	0	0.17
K-15	1.51	1.99	0.003	0.013	0.001	0.137	0.003	0.001	0.001	0.001	0.12
K-16	1.58	1.85	0.004	0.006	0.002	0.107	0.003	0	0.004	0.002	0.09
K-17	7.12	6.02	0.009	0.016	0.008	0.604	0.017	0	0.006	0.001	0.12

#### 3.2.2.2.1. Demir (Fe) ve Mangan (Mn)

Demir ve mangan yeraltı sularında hemen her zaman, yüzeysel sulara ise yılın bazı aylarında yüksek konsantrasyonlarda bulunmaları nedeniyle içme ve kullanma suları bakımından sorun yaratmaktadır. Fe ve Mn elementlerinin neden bazı sulara ve bazı zamanlarda yüksek konsantrasyonlara ulaştıkları, ancak suların sertliğinde olduğu gibi biyokimyasal reaksiyonlar nedeni ile su ve toprak ortamlarının özelliklerinin gösterdiği yerel ve zamansal değişimlere dayanılarak cevaplanmalıdır. Çünkü her iki elementinde toprakta, suda çözülebilir bileşikler haline geçmeleri için, toprakta bazı biyokimyasal reaksiyonlar sonucu koşul değişimleri sağlanmalıdır(Samsunlu, 1999).

Örnek olarak demir toprakta en çok  $Fe^{3+}$  oksit ve pirit ( $FeS_2$ ) halinde bulunur. Bu bileşiklerin ikisi de suda çözünmezler. Bazı jeolojik formasyonlarda demir, demir karbonat (Siderit) halinde bulunabilir. Sideritin sudaki çözünürlüğü de anormal şartlarda çok azdır. Mangan ise mangandioksit ( $MnO_2$ ) olarak bulunur. Bu ise  $CO_2$ 'li sularda bile çözünmeyen bir maddedir. Ancak toprakta anaerobik koşullar altında  $MnO_2$  indirgenerek  $2^+$  değerli Mn bileşiklerine dönüşürse bu takdirde  $CO_2$ 'li su,  $Mn^{2+}$ 'ye kolayca çözünebilir (Samsunlu, 1999).

Fe ve Mn iyonlarının fazla olduğu sular hava ile temas ettikleri zaman bulanık ve renkli bir hal alırlar. Bu nedenle de estetik olarak kötü sınıf sular sınıfına girerler. TS-266'ya göre demir sınır değerleri 0.2 mg/L, mangan sınır değeri ise 0.05 mg/L olarak belirlenmiştir.

Çalışma alanında elde edilen veriler, Tablo 14'te gösterilen 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na ait değerler dikkate alınarak sınıflandırılmıştır.

Tablo 14. 'Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre demir ve mangan kalite kriterleri (SKKY, 2004)

	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf
Demir (mg /L)	<0.3	0.3-1	1-5	> 5
Mangan (mg /L)	<0.1	0.1-0.5	0.5-3	> 3

Çalışma alanında demir en yüksek değeri 7.12 mg/L olan K-17, en düşük değer olan 0.074'ü gösteren K-5 noktalarıdır. Bu değerler TS-266 değerine göre K-1 ve K-5 standart sınır altında olup kullanım açısından uygundur. 'Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre ise K-1, K-5 ve K-6 I. Sınıf, K-17 IV. Sınıf, diğer noktalar ise III. Sınıf sular sınıfında yer almaktadır.

Mangan en yüksek değeri 0.604 mg/L olan K-17, en düşük değer olan 0.024 mg/L'yi gösteren K-1 noktalarıdır. Bu değerler TS-266 değerine göre K-11, K-12, K-13, K-14 ve K-17 standart sınır üstünde olup kullanım açısından uygun değildir. 'Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre ise K-1, K-5, K-6, K-7, K-8 ve K-10 I. Sınıf, K-13 ve K-17 III. Sınıf, diğer noktalar ise II. Sınıf sular sınıfında yer almaktadır.



### 3.2.2.2.2. Alüminyum (Al)

Alüminyum en bol metalik madendir ve yer kabuğunun yaklaşık %8' ini oluşturur. Silikatlar, oksitler, hidroksitler gibi doğal ortamda oluşurlar (WHO, 1997).

Alüminyum ağırlıklı olarak doğal süreçlerle çevreye salınır. Çeşitli faktörler alüminyumun hareketini sağlar ve sonrasında taşınmasına neden olur. Bunlar kimyasal reaksiyonlar, toprak-su etkileşimi ve alttaki jeolojik malzemenin bileşimidir. Asidik suların ve ya asit yağmurlarının neden olduğu asidik ortam alüminyum içeriğinin artmasına neden olur (ATSDR, 1992).

Çalışma alanında elde edilen veriler, Tablo 15'te gösterilen 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları''na ait değerler dikkate alınarak sınıflandırılmıştır.

TS-266' ya göre alüminyum sınır değerleri 0.2 mg/L olarak belirlenmiştir.

Tablo 15. 'Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları''na göre alüminyum kalite kriterleri (SKKY, 2004)

	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf
Alüminyum (mg /L)	<0.3	0.3-1	1	> 1

Çalışma alanında alüminyum en yüksek değeri 6.02 mg/L olan K-17, en düşük değer olan 0.21'i gösteren K-5 noktalarıdır. Bu değerler için TS-266 değeri dikkate alındığında bütün noktalar standart sınırın üstünde olup kullanım açısından uygun değildir. 'Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları''na göre ise K-5 I. Sınıf, K-1, K-4, K-6, K-7, K-8 III. Sınıf, diğer noktalar ise IV. Sınıf sular sınıfında yer almaktadır.

### 3.2.2.2.3. Bakır (Cu)

Bakır ve bileşikleri yüzeysel sularda bulunabilir. Esas itibarı ile suya bakır minerallerinden geçer. Bitkilerin yaşaması ve klorofil ihtiyaçları için murlaka eser miktarda olması gerekmektedir. Fazla miktarda bakır toksik etki yapar.

Çalışma alanında elde edilen veriler, Tablo 16'da gösterilen 'Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları''na ait değerler dikkate alınarak sınıflandırılmıştır.

TS-266' ya göre bakır sınır değerleri 2 mg/L olarak belirlenmiştir.

Tablo 16. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre bakır kalite kriterleri (SKKY, 2004)

	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf
Bakır (mg /L)	<0.02	0.02-0.05	0.05-0.2	> 0.2

Çalışma alanında bakır en yüksek değeri 0.009 mg/L olan K-17, en düşük değer olan 0’ı gösteren K-3 ve K-12 noktalarıdır. Bu değerler TS-266 değerine standart sınır altında olup kullanım açısından uygundur. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre ise bütün noktalar I. Sınıf sular sınıfında yer almaktadır.

#### 3.2.2.2.4. Kurşun (Pb)

Kurşun sulara çevre kirliliği nedeniyle karışır. Yanma olayları ve kurşunlu benzinin yanması sonucu atmosfere karışır, yağış suları ile akarsulara ve yeraltı sularına karışır. İnsan vücudu için gerekli olmayan bir element olup toksik etkisi vardır (Yalçın ve Gürü, 2002).

Çalışma alanında elde edilen veriler, Tablo 17’de gösterilen ‘Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na ait değerler dikkate alınarak sınıflandırılmıştır.

TS-266’ ya göre kurşun sınır değerleri 0.01 mg/L olarak belirlenmiştir.

Tablo 17. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre kurşun kalite kriterleri (SKKY, 2004)

	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf
Kurşun (mg /L)	<0.01	0.01-0.02	0.02-0.05	> 0.05

Çalışma alanında kurşun en yüksek değeri 0.016 mg/L olan K-17, en düşük değer olan 0.003’ı gösteren K-1 ve K-10 noktalarıdır. Bu değerler TS-266 değerine göre K-2, K-3, K-4, K-9 ve K-15 standart sınır üstünde olup kullanım açısından uygun değildir. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre ise K-2, K-3, K-4, K-9 ve K-15 II. Sınıf sular sınıfında yer almaktadır.

### 3.2.2.2.5. Kobalt (Co)

Doğal olarak cevherde bulunur. Sudaki kaynağı deşarjlardır ve suda az miktarda bulunduğundan pek önemli değildir. Kobalt ve bileşikleri katı halde ve yoğun çözeltilerinde zehirlidir.

Çalışma alanında elde edilen veriler, Tablo 18’de gösterilen ‘Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na ait değerler dikkate alınarak sınıflandırılmıştır.

Tablo 18. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre kobalt kalite kriterleri (SKKY, 2004)

	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf
Kobalt (mg /L)	<0.01	0.01-0.02	0.02-0.2	> 0.2

Çalışma alanında kobalt en yüksek değeri 0.008 mg/L olan K-17, en düşük değer olan 0’ ı gösteren K-1, K-5 ve K-8 noktalarıdır. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre Bütün noktalar I. Sınıf sular sınıfında yer almaktadır.

### 3.2.2.2.6. Nikel (Ni)

Son derecede önemi olan bir metalik elementtir. Kirletici kaynakları çevredeki mineraller ve endüstriyel atıklardır.

Çalışma alanında elde edilen veriler ‘Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre (Tablo 19) sınıflandırma yapılmıştır.

TS-266’ ya göre nikel sınır değerleri 0.02 mg/L olarak belirlenmiştir.

Tablo 19. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre nikel kalite kriterleri (SKKY, 2004)

	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf
Nikel (mg /L)	<0.02	0.02-0.05	0.05-0.2	> 0.2

Çalışma alanında nikel en yüksek değeri 0.017 mg/L olan K-17, en düşük değer olan 0.001’ı gösteren K-8 noktalarıdır. Bu değerler TS-266 değerine göre standart sınır altında

olup kullanım açısından uygundur. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’’na göre bütün noktalar I. Sınıf sular sınıfında yer almaktadır.

### 3.2.2.2.7. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum, çeşitli endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanır ve toprağa geçerek yeraltı sularına karışabilir. Toksik özelliğe sahiptir. İçme sularında çok düşük oranda bulunan kadmiyumun herhangi bir yan etkisi yoktur.

Çalışma alanında elde edilen veriler ‘Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’’na göre (Tablo 20) sınıflandırma yapılmıştır.

TS-266’ ya göre kadmiyum sınır değerleri 0.005 mg/L olarak belirlenmiştir.

Tablo 20. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’’na göre kadmiyum kalite kriterleri (SKKY, 2004)

	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf
Kadmiyum (mg /L)	<0.003	0.003-0.005	0.005-0.01	> 0.01

Çalışma alanında kadmiyum en yüksek değeri 0.001 mg/L olan K-14, diğer noktalar ise 0 değerini göstermektedir. Bu değerler TS-266 değerine göre standart sınır altında olup kullanım açısından uygundur. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’’ na göre I. Sınıf sular sınıfında yer almaktadır.

### 3.2.2.2.8. Arsenik (As)

Arsenik, çok iyi bilinen bir zehirdir ve doğada sülfür ve oksit halinde bulunur. Arsenat ( $AsO_4$ ) ve arsenit ( $AsO_2$ ) arseniğin anyonik bileşikleridir. Ağır bir metal olmasına rağmen suda anyonik haldedir. Doğal suda ender olarak bulunan arsenik, minerallerin çözünmesinden, sanayiden ve pestisitlerden kirlilik olarak suya karışabilir. Eğer suda 0.05 mg/L arsenik bulunursa arsenik elementlerinin kimyasal yapısı ve valansının (kimyasal reaksiyonda veya bağda yer alan bir atomdaki elektron sayısı) saptanması önerilir. Dünya Sağlık Örgütü, (WHO) içme ve kullanma sularında 10µg/L (ppb) ye kadar arsenik

bulunabileceğini, 50ppb den daha yüksek miktarlarda arsenik içeren suların ise kesinlikle kullanılmaması gerektiğini bildirmiştir (MEB, 2011).

Çalışma alanında elde edilen veriler ‘Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre (Tablo 21) sınıflandırma yapılmıştır.

TS-266’ ya göre arsenik sınır değerleri 0.01 mg/L olarak belirlenmiştir.

Tablo 21. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre arsenik kalite kriterleri (SKKY, 2004)

	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf
Arsenik (mg /L)	<0.02	0.02-0.05	0.05-0.1	> 0.1

Çalışma alanında arsenik en yüksek değeri 0.008 mg/L olan K-2 ve K-3, en düşük değer olan 0.001’ı gösteren K-15 noktalarıdır. Bu değerler TS-266 değerine göre standart sınır altında olup kullanım açısından uygundur. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre I. Sınıf sular sınıfında yer almaktadır.

### 3.2.2.2.9. Krom (Cr)

Krom 6 tuzları kanserojen özelliktedir. Bu nedenle içme sularının krom kirliliğinden korunması gerekir. pH değeri düşük doğal sularda eser miktarda bulunabilir. Sularda krom bileşiklerinin bulunuşu ancak suyun kirlenmesi sonucunda olabilir.

İnsanlara zararlı etki yapabilecek krom sulardaki hexavalan (+6) kromdur. Trivalan krom ise nispeten daha az toksik ve lokal veya yaygın sistemik bir etkisi olmayan ve gerekli olan krom şeklidir. En önemli problemi deride alerji yapmasıdır. Zehirli olan bileşikler daha çok +6 değerli bileşiklerdir (MEB, 2011).

Çalışma alanında elde edilen veriler ‘Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre (Tablo 22) sınıflandırma yapılmıştır.

TS-266’ ya göre krom sınır değerleri 0,05 mg/L olarak belirlenmiştir.

Tablo 22. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre krom kalite kriterleri (SKKY, 2004)

	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf
Krom (mg /L)	Ölçülmeyecek kadar az	<0.02	0.02-0.05	> 0.05

Çalışma alanında krom en yüksek değeri 0.003 mg/L olan K-1, K-5 ve K-8, en düşük değer olan 0 ’ı gösteren K-13 ve K-14 noktalarıdır. Bu değerler TS-266 değerine göre standart sınır altında olup kullanım açısından uygundur. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre I. Sınıf sular sınıfında yer almaktadır.

### 3.2.2.2.10. Florür (F<sup>-</sup>)

Bir eser element olan flor, doğadaki sularda değişen miktarda bulunabilmektedir. Örneğin deniz suyunda 0.8-1-4ppm, göl suyu ve artezyenlerde 0,5ppm’den başlayıp 95ppm’e kadar çıkan oranlarda flor bulunmaktadır. Atmosferde volkanik hareketler ve sular ve topraktaki rüzgâr hareketleri ile katılır, yeryüzüne toz, yağmur, kar ya da sis gibi olaylarla geri döner. Hidrosferde toprak ya da minerallerden ya da deniz, nehir gibi yüzeysel sulardan karışarak girer. Bu nedenle doğadaki ve toprak kaynaklı olarak bitkilerde hayvansal kaynaklı yiyeceklerin yapısında bulunur. Yine çeşitli cam, seramik, tuğla fabrikaları, alüminyum, fosfat, çelik üretimi gibi çeşitli endüstriyel atıklar yoluyla doğaya karışmaktadır(T.C. Sağlık Bakanlığı, 2003).

İçme sularındaki flor dış çürüklerini engellemede etkilidir ve günümüzde sularda flor oranı tespiti ve kontrolü yapılmaktadır.

Çalışma alanında elde edilen veriler ‘Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre (Tablo 23) sınıflandırma yapılmıştır.

TS-266’ ya göre florür sınır değerleri 1,5 mg/L olarak belirlenmiştir.

Tablo 23. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre florür kalite kriterleri (SKKY, 2004)

	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf
Florür (mg /L)	<1	1-1.5	1.5-2	> 2

Çalışma alanında florür en yüksek değeri 0,17 mg/L olan K-14, en düşük değer olan 0 'ı gösteren K-6, K-7, K-8, K-9 noktalarıdır. Bu değerler TS-266 değerine göre K-4 ve K-14 standart sınırın üstünde olup kullanım açısından uygun değildir. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre ise bütün noktalar I. Sınıf sular sınıfında yer almaktadır.

### 3.2.2.3. Kirililik Parametreleri

Hava kirlenmesi, su kirlenmesi olaylarının çoğunda azotlu maddeler ilk aranması gereken kirlilik unsurlarındandır. Azot doğal dolanımı olan, bakteriler tarafından tüketilmek suretiyle ve ya kimyasal yollardan değişik oksidasyon kademelerinde bileşikler halinde bulunabilen bir maddedir (Samsunlu, 1999).

Su içinde azot genellikle amonyum, amin, nitrit ve nitrat halinde bulunur. Amino gruplar, toprakta çürüyen bitkisel proteinlerden kaynaklanır. Amonyum ( $\text{NH}_3$ ) iyonu ise başlıca ürenin ve atmosferik azotun bitki köklerinde tutulmasıyla oluşur. Bu iyonun su ve toprakta bulunan mikroorganizmalar ile nitrifikasyon reaksiyonları sonucu nitrit ve nitrata dönüşür (Yalçın ve Gürü, 2002).

$\text{NH}_3 \longrightarrow \text{NO}_2^- \longrightarrow \text{NO}_3^-$  doğal sular içinde bulunan nitritin nitrata dönüşümünün belli aşamalar sonunda olduğundan suda  $\text{NH}_3$  bulunması taze kirlenme,  $\text{NO}_3^-$ 'ün bulunması ise eskimiş kirlenmeye işaret eder.

Yapılan analizler sonucunda elde edilen değerler Tablo 24’de verilmiştir.

Tablo 24 Söğütlü deresindeki sularda bulunan kimyasal kirlilik parametreleri

Örnek No	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_3^-$	Örnek No	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_3^-$
K-1	0.87	5.21	K-9	0	0
K-2	0.96	14.87	K-10	0	6.36
K-3	0.74	2.83	K-11	0.79	2.77
K-4	0.72	8.15	K-12	0	7.5
K-5	0	3.55	K-13	0.74	7.74
K-6	0	0.85	K-14	0.74	9
K-7	0	0.82	K-15	0	5.01
K-8	0	0.77	K-16	0.83	5.53
			K-17	0	8.37

### 3.2.2.3.1. Nitrit Azotu (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

Nitrit suda mikrobiyolojik kirlenmenin bir göstergesi olması açısından önemlidir. İçme sularında nitrit bulunması istenmez. Nitritler yüksek miktarda organik madde ile bulunursa daha büyük bir kirlenme söz konusudur. Normal dezenfektanlarla oksidasyonu kolaydır. Bu nedenle nitritli suların dezenfeksiyonuna özen gösterilmelidir. Nitratlara benzer etki gösterir; ancak çok daha tehlikelidir. Septisemiye (kan zehirlenmesi) sebep olur.

Çalışma alanında elde edilen veriler, Tablo 25’de gösterilen ‘Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na ait değerler dikkate alınarak sınıflandırılmıştır.

TS-266’ ya göre nitrit azotu sınır değerleri 0.5 mg/L olarak belirlenmiştir.

Tablo 25. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre nitrit azotu kalite kriterleri (SKKY, 2004)

	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf
Nitrit Azotu (mg /L)	<0.002	0.002-0.01	0.01-0.05	> 0.05

Çalışma alanında nitrit en yüksek değeri 0.096 mg/L olan K-2, en düşük değer olan 0’ı gösteren K-5, K-6, K-7, K-8, K-9, K-10, K-15 ve K-17 noktalarıdır. Bu değerler TS-266 değerine göre K-1, K-2, K-3, K-4, K-11, K-13, K-14 ve K-16 standart sınır üstünde olup kullanım açısından uygun değildir. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre ise K-1, K-2, K-3, K-4, K-11, K-13, K-14 ve K-16 IV. Sınıf, diğer noktalar ise I. Sınıf sular sınıfında yer almaktadır.

### 3.2.2.3.2. Nitrat Azotu (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Nitrat, azotlu organik bileşiklerin son yükseltgenme ürünüdür. Nitrat azotu suda kolay çözünür ve su için bir tehlike sinyalıdır. Suda nitrat konsantrasyonunun artmasına neden, tarımda kullanılan gübreler, evsel ve endüstriyel atıklardır. Sürekli olarak yüksek oranda nitrat içeren suları içmek ölüme yol açabilir. Bazı bakteriler nitratları indirgeyerek nitrite dönüştürür. Meydana gelen fazla miktardaki nitrit emilerek oksijenin dokulara



taşınmasını önler. Bebeklerde blue-baby denilen hastalığa neden olarak ölüme yol açabilir. (MEB, 2011)

Çalışma alanında elde edilen veriler, Tablo 26’da gösterilen ‘Kıta İçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na ait değerler dikkate alınarak sınıflandırılmıştır.

TS-266’ ya göre nitrat azotu sınır değerleri 50 mg/L olarak belirlenmiştir.

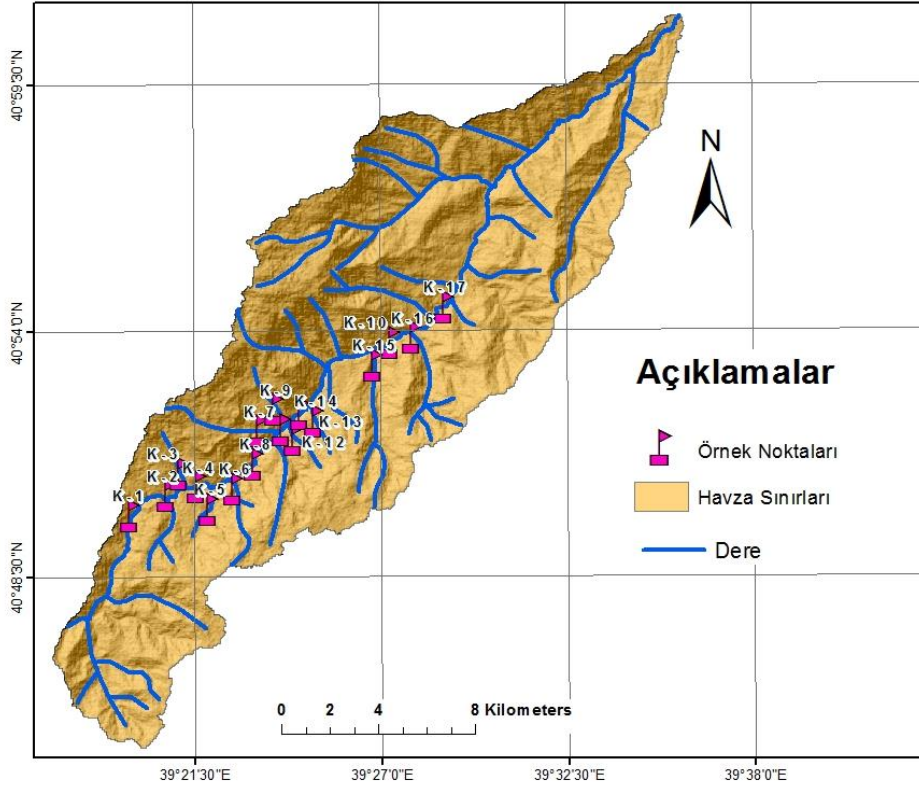
Tablo 26. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre nitrat azotu kalite kriterleri (SKKY, 2004)

	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf
Nitrat Azotu (mg /L)	<5	5-10	10-20	> 20

Çalışma alanında nitrat en yüksek değeri 14.87 mg/L olan K-2, en düşük değer olan 0 ’ı gösteren K-9 noktalarıdır. Bu değerler TS-266 değerine göre standart sınır altında olup kullanım açısından uygundur. ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’ na göre ise K-2 III. Sınıf, K-1, K-3, K-4, K-10, K-12, K-13, K-14, K-15, K-16, K-17 II. Sınıf, diğer noktalar ise I. Sınıf sular sınıfında yer almaktadır.

### 3.3. Söğütlü Deresi Örnek Noktalarına Ait suların Sınıflandırılması

Söğütlü deresi güney kısmında 17 ayrı noktadan elde edilen su kalitesi değerleri kalite sınıflarına göre tanımlanmıştır (Şekil 15).



Şekil 15. Söğütlü Deresi ve havzası örnek noktaları

### 3.3.1. IDW Yöntemi Kullanılarak Oluşturulan Su kalitesi Parametreleri

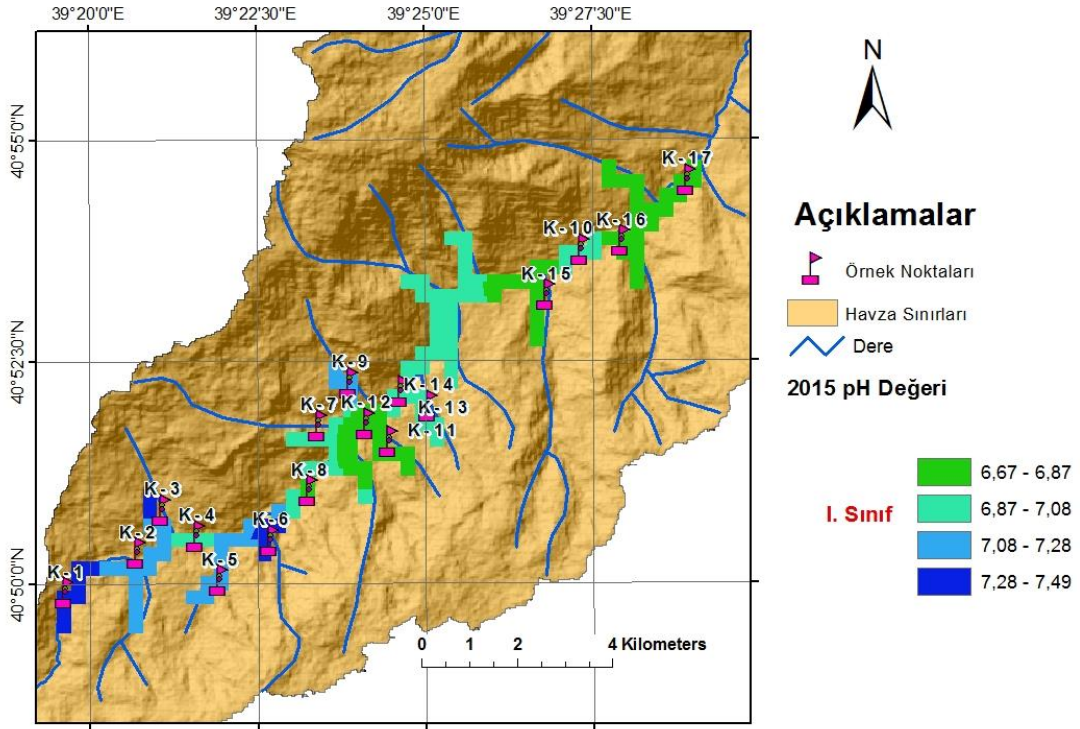
Değişkenlerin tematik haritaların hazırlanmasında ArcGIS 10' un uzantısı olan Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği (IDW)' kullanılmıştır.

IDW enterpolasyon tekniği örneklem nokta verilerinden enterpolasyonla grid üretmede çoğunlukla tercih edilen ortak bir yöntemdir. IDW enterpolasyon tekniği enterpole edilecek yüzeyde yakındaki noktaların uzaktaki noktalarda daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayandırılır. Bu teknik enterpole edilecek noktadan uzaklaştıkça ağırlığı da azaltan ve örneklem noktalarının ağırlıklı ortalamasına göre bir yüzey enterpolasyonu yapar (Arslanoglu ve Özçelik, 2005).

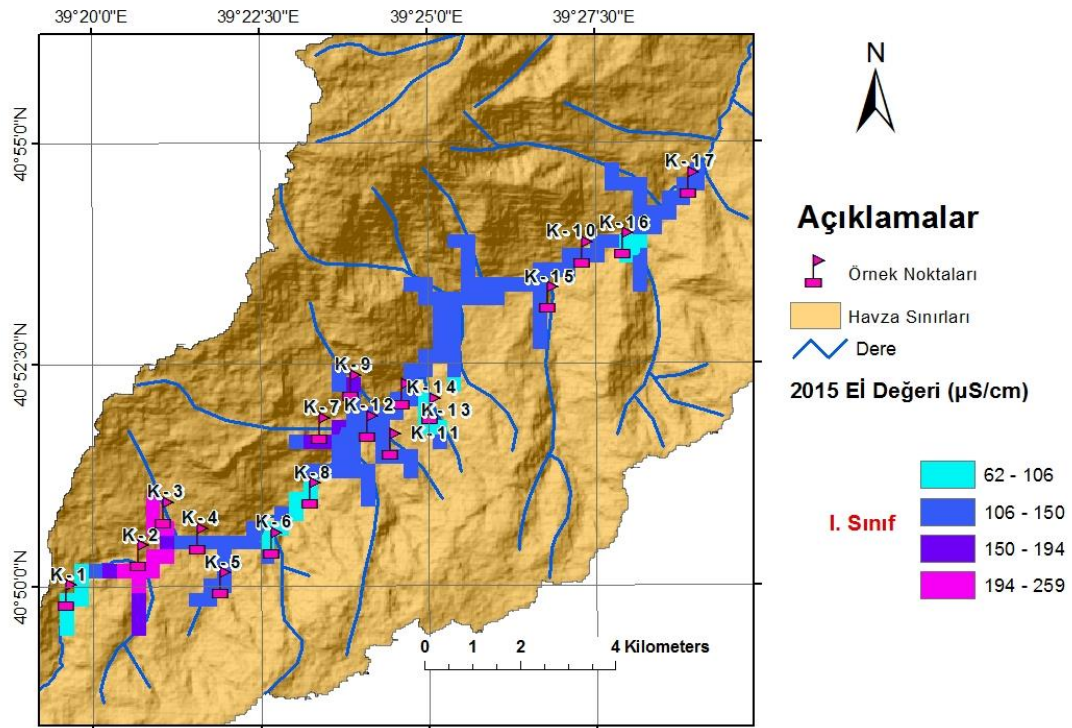
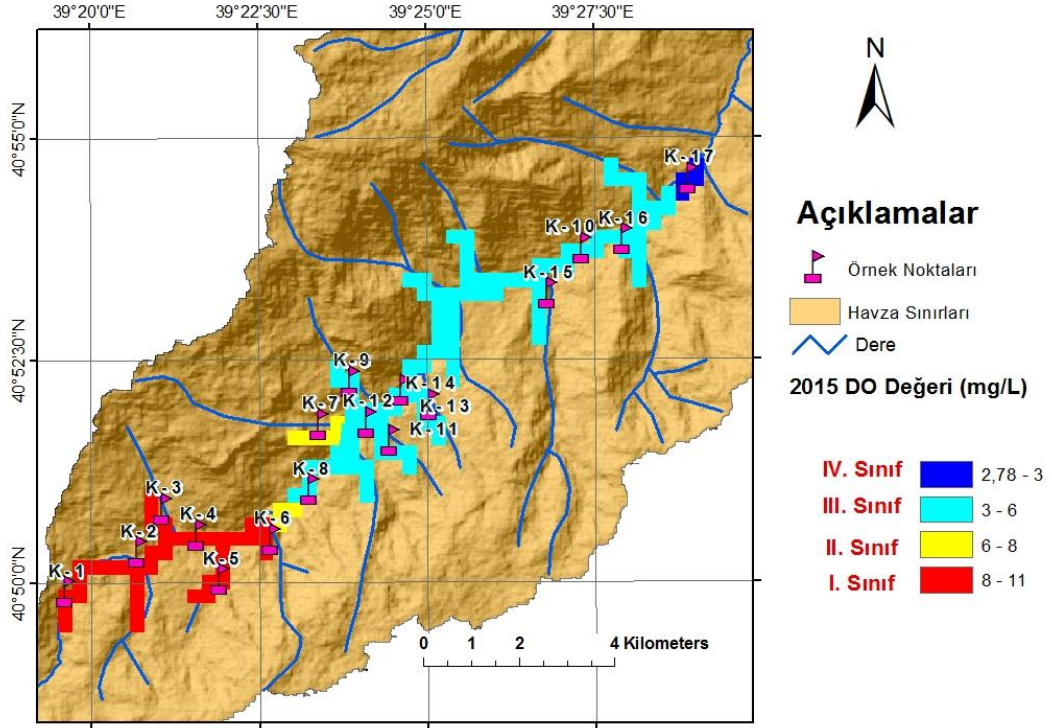
Ölçülen tüm su noktaları (su kalite verileri) IDW kullanılarak her bir hücrenin nehir ağını maskeleyme işlemi için kullanılmıştır. Maskeleyme, tanımlanan güzergâhlara karşılık gelen su kalitesi hücrelerinin oluşturulmasıdır. Nehir ağındaki hücreler, su kalitesi verilerini yorumlayabilmek için su kalitesi ağına dönüştürülmüştür (Oke, 2013).

Oluşturulan haritalar için Mart ayında Söğütlü Deresi güney kesiminde belirlenen 17 ölçüm noktasından elde edilen su kalitesi verileri kullanılmıştır.

Fiziksel parametreler ve anyon, katyonlar için tematik haritalar oluşturulmuştur. Bu haritalarda ölçülen değerler dört sınıfa ayrılarak değerlendirilmiştir (Şekil 16-20).

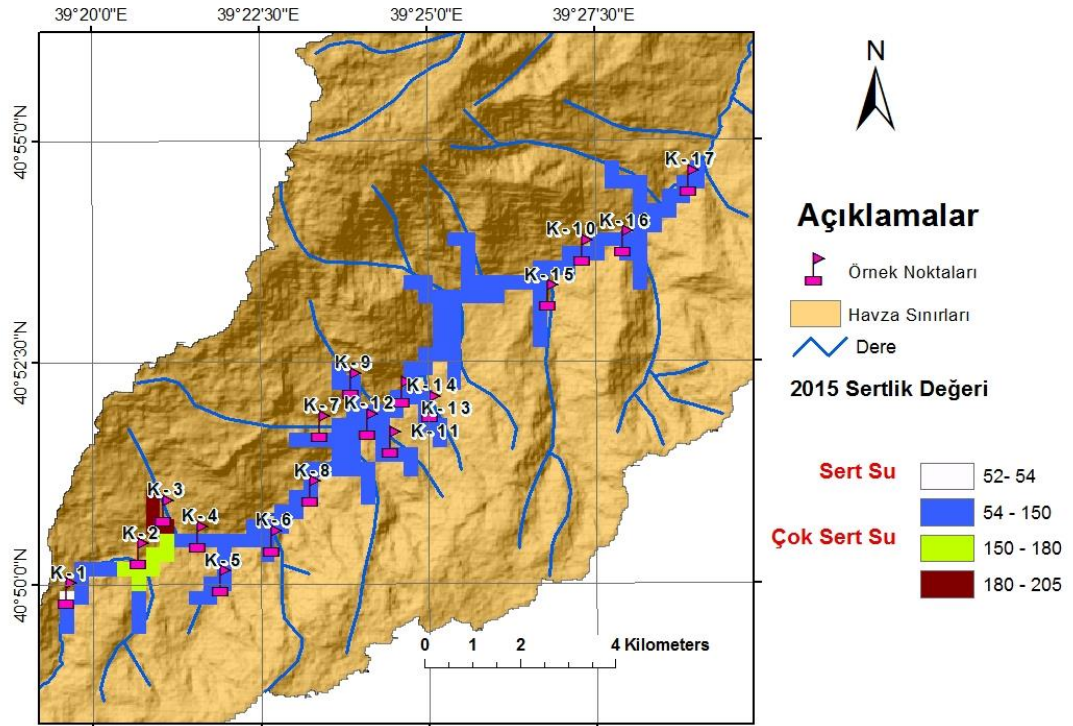
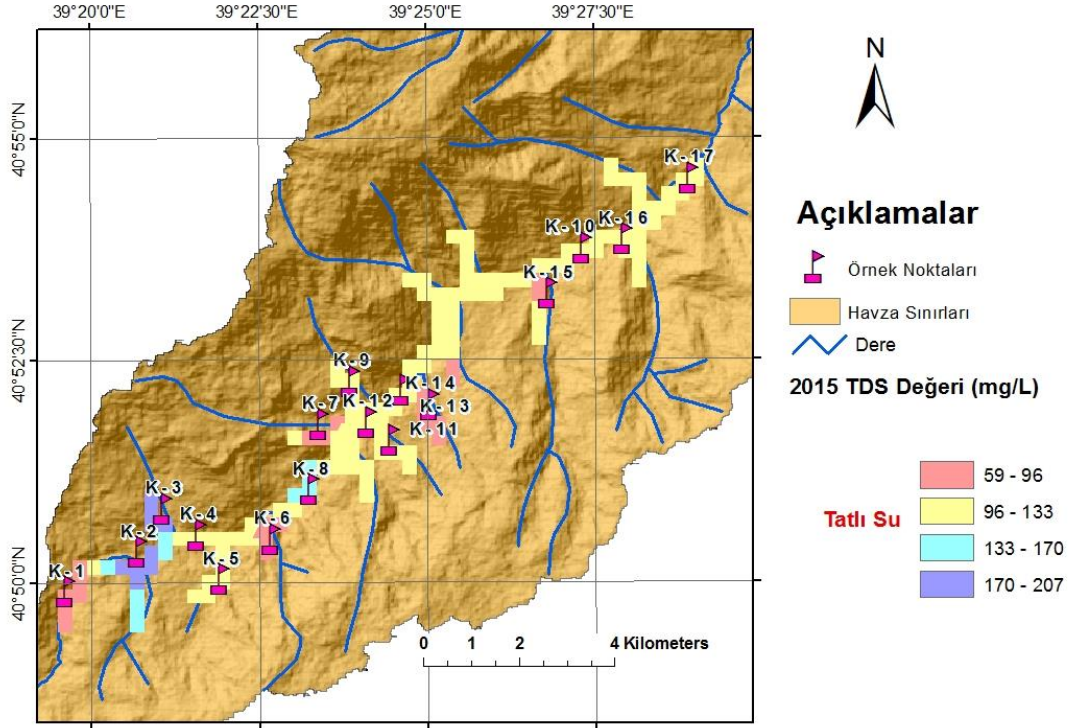


Şekil 16. pH parametrelerine ait tematik haritalar

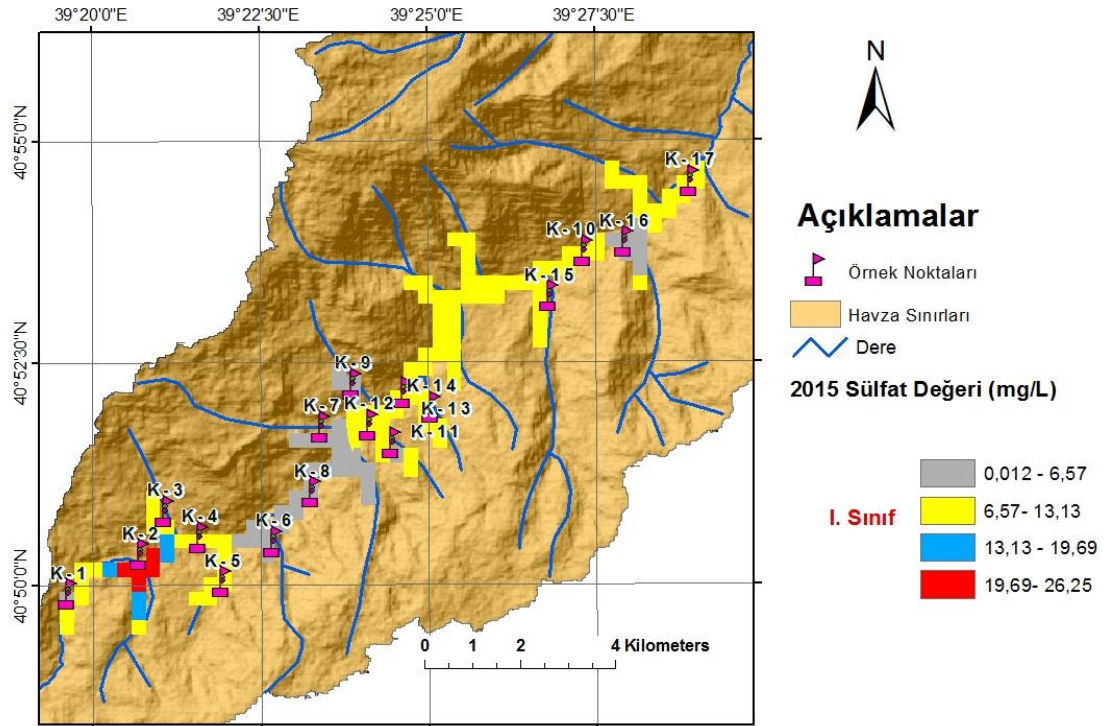
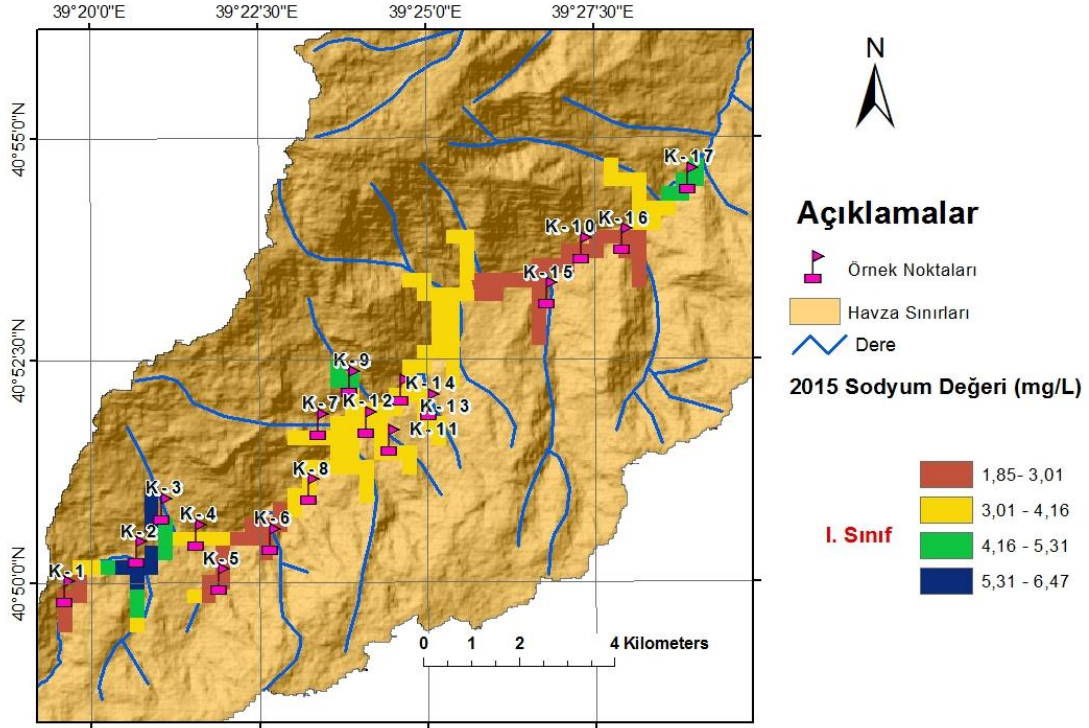


Şekil 17. Çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik parametrelerine ait tematik haritalar

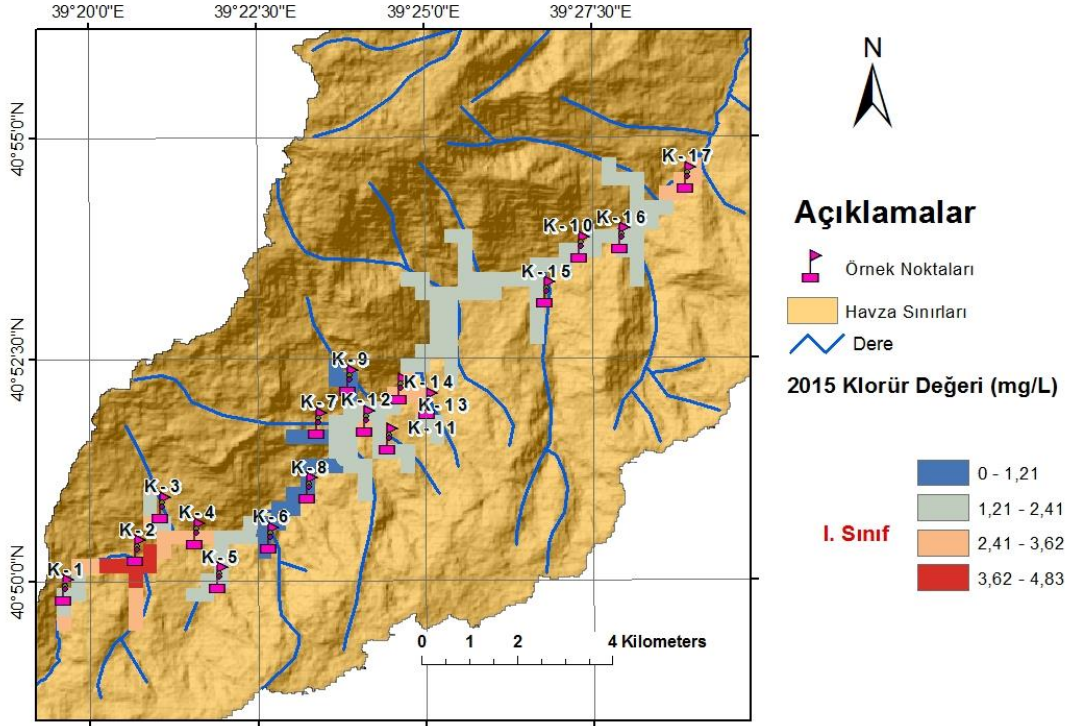




Şekil 18. Toplam Çözünmüş madde, sertlik parametrelerine ait tematik haritalar.



Şekil 19. Sodyum, sülfat parametrelerine ait tematik haritalar.



Şekil 20. Klorür parametrelerine ait tematik haritalar.

pH için elde edilen tematik haritada, 6.67-7.49 mg/L arasında değerler göstermiştir. Örnek noktaları ve yakın çevresinde yapılan analize göre bütün sular I. Sınıf sular gözlenmiştir. En yüksek değerler K-1, K-8 noktalar arasında gözlenmiştir.

DO örneklem yapılan noktaları ve çevresinde 2.78-11 mg/L arasında değer göstermiştir. Bu değerler K-1 noktasından K-17 noktasına kadar düşüş göstermiştir. Bu örnek alınan suların güneyden kuzeye kalite sınıfının düştüğünü gösterir.

Eİ için alınan su örneklerine ait tematik haritada, 62-259  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arası değer göstermiştir. Bu değerler I. Sınıf sulara işaret eder.

TDS için oluşturulan tematik haritada, en düşük 59 mg/L, en yüksek 207 mg/L değerini almıştır. Bu haritaya göre, bütün suların 'Tatlı Su' sınıfında olduğu gözlenmiştir.

Sertlik değeri tematik harita sınıflamasında 52-205 arası değerler gözlenmiştir. Bu haritada K-1 noktasında 'Sert Su', diğer nokta ve çevrelerinde 'Çok Sert Su' gözlenmiştir.

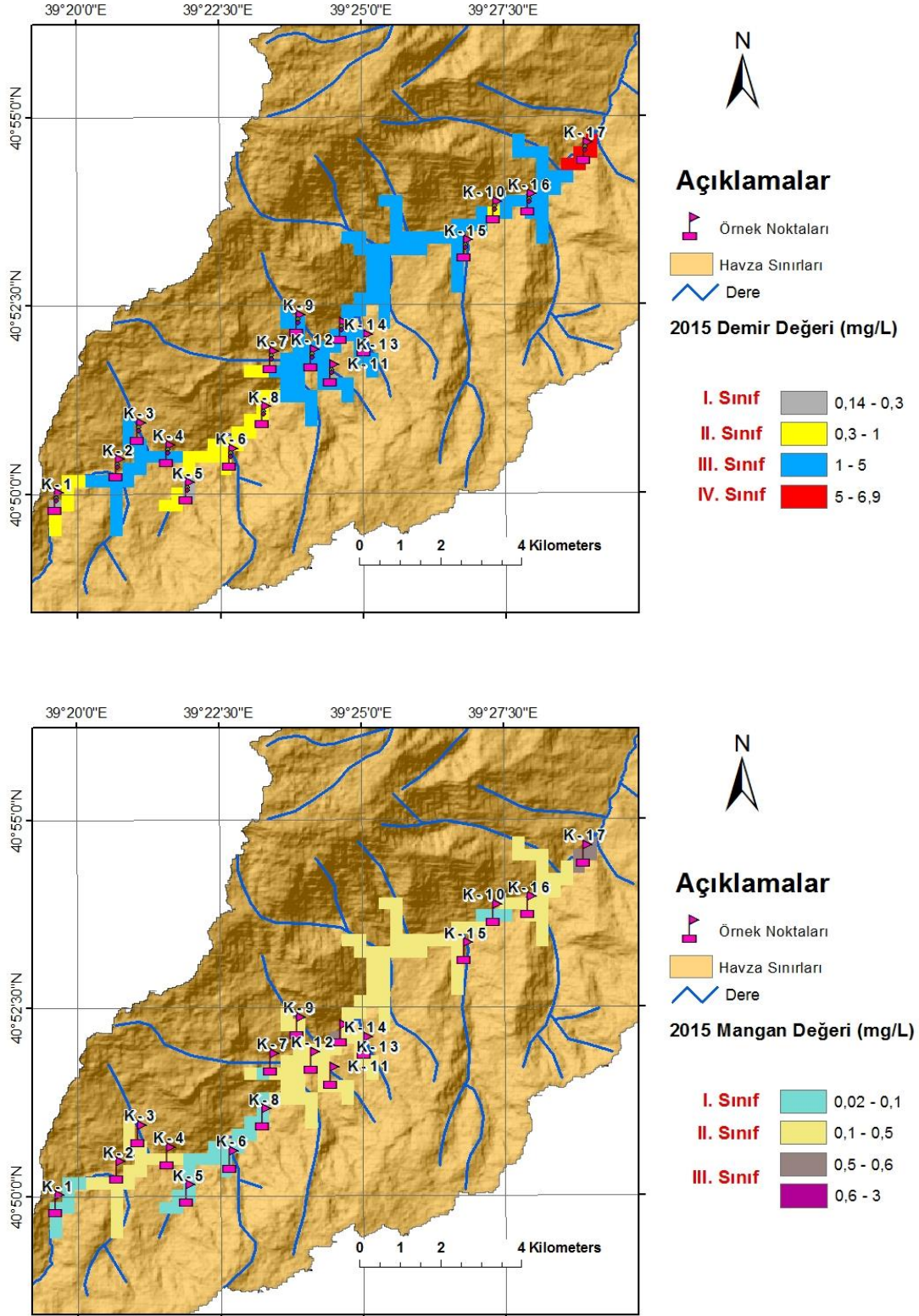
Na en yüksek 5.31-6.47 mg/L arası değerler göstermiştir. Bu değerler bütün noktalarda I. Sınıf'ı işaret eder.

Sülfat için oluşturulan tematik haritada en düşük değeri 0.012 mg/L, en yüksek değeri 26.25 değerini almıştır ve bütün değerler I. Sınıf'a işaret eder.

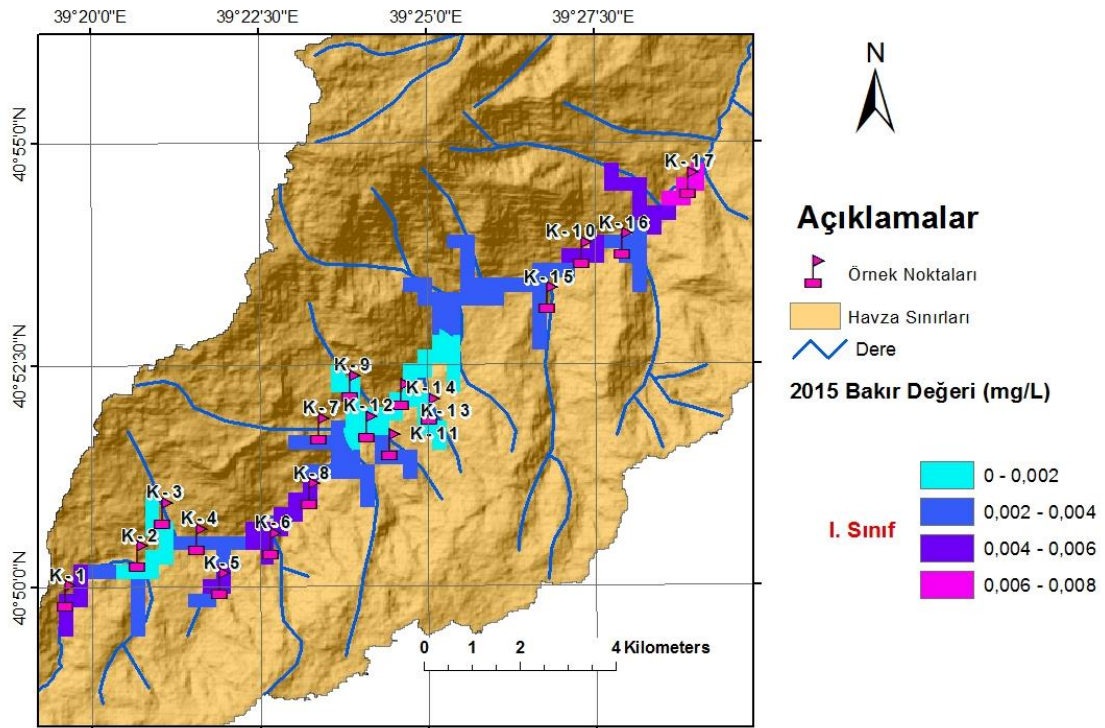
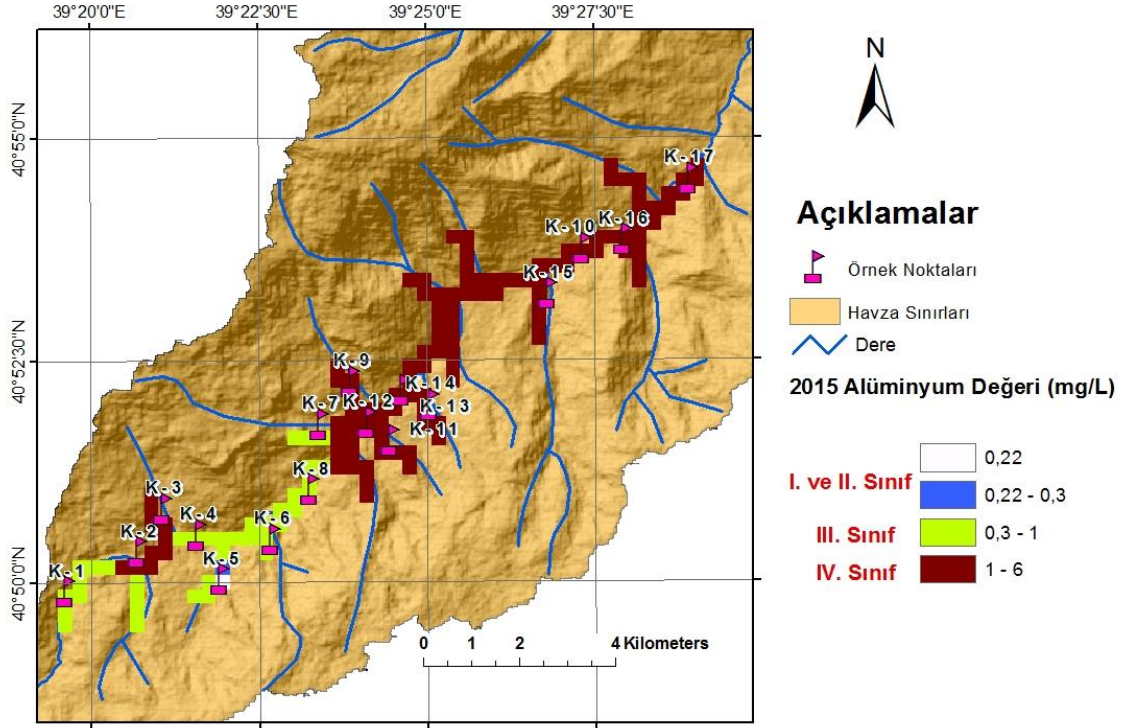
Klorür için oluşturulan haritada değerler, 0-4.83 mg/L arasındadır. Bu değerler bütün noktalarda I. Sınıf'tır.

Eser elementler için tematik haritalar oluşturulmuştur. Bu haritalarda ölçülen değerler dört sınıfa ayrılarak değerlendirilmiştir (Şekil 21-25). Sınır değerini aşan elementlerin yorumlaması kolayca gözlenip 'Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'na göre sınıflaması yapılmıştır.



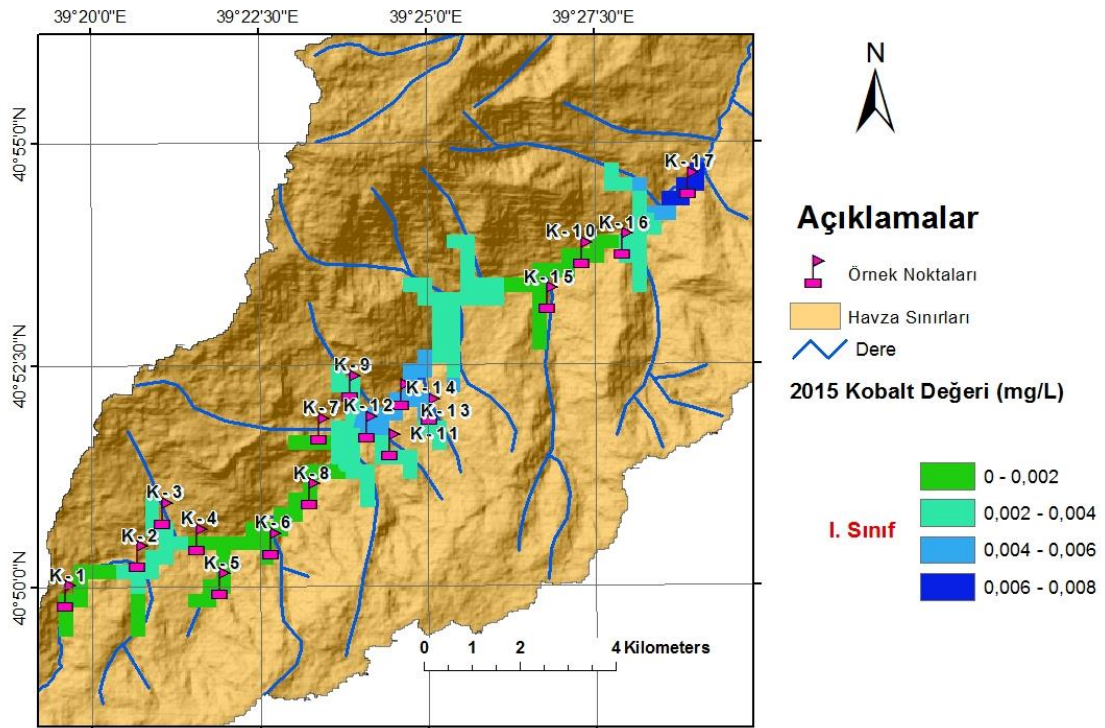
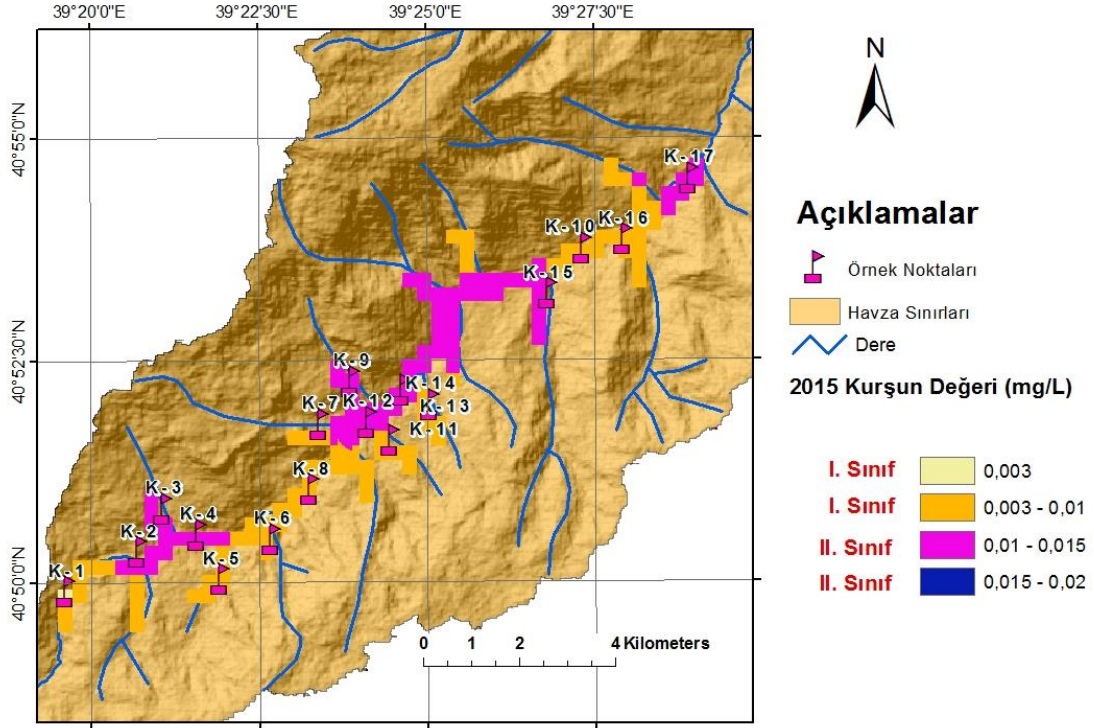


Şekil 21. Demir ve mangan parametrelerine ait tematik haritalar

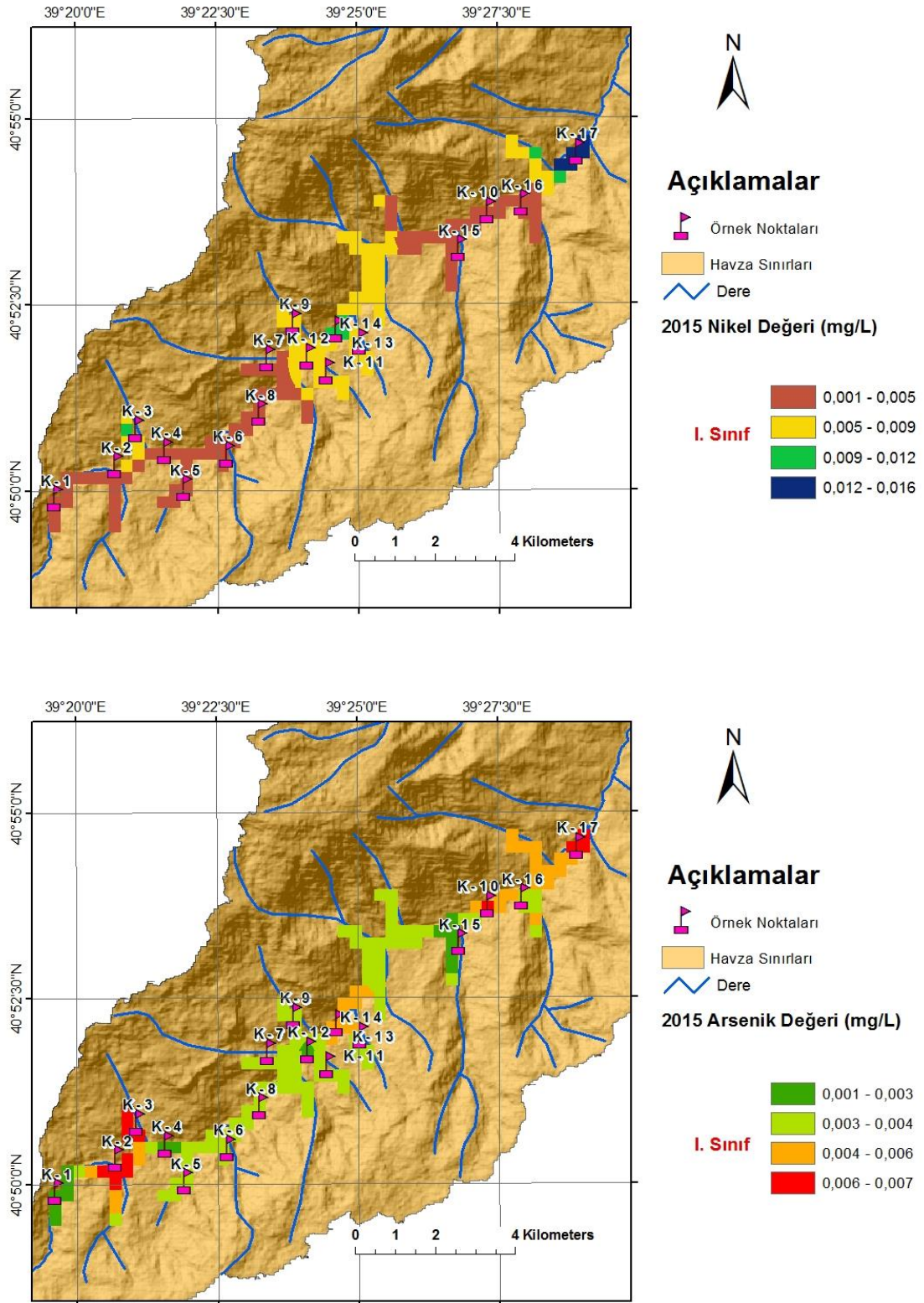


Şekil 22. Alüminyum, bakır parametrelerine ait tematik haritalar.



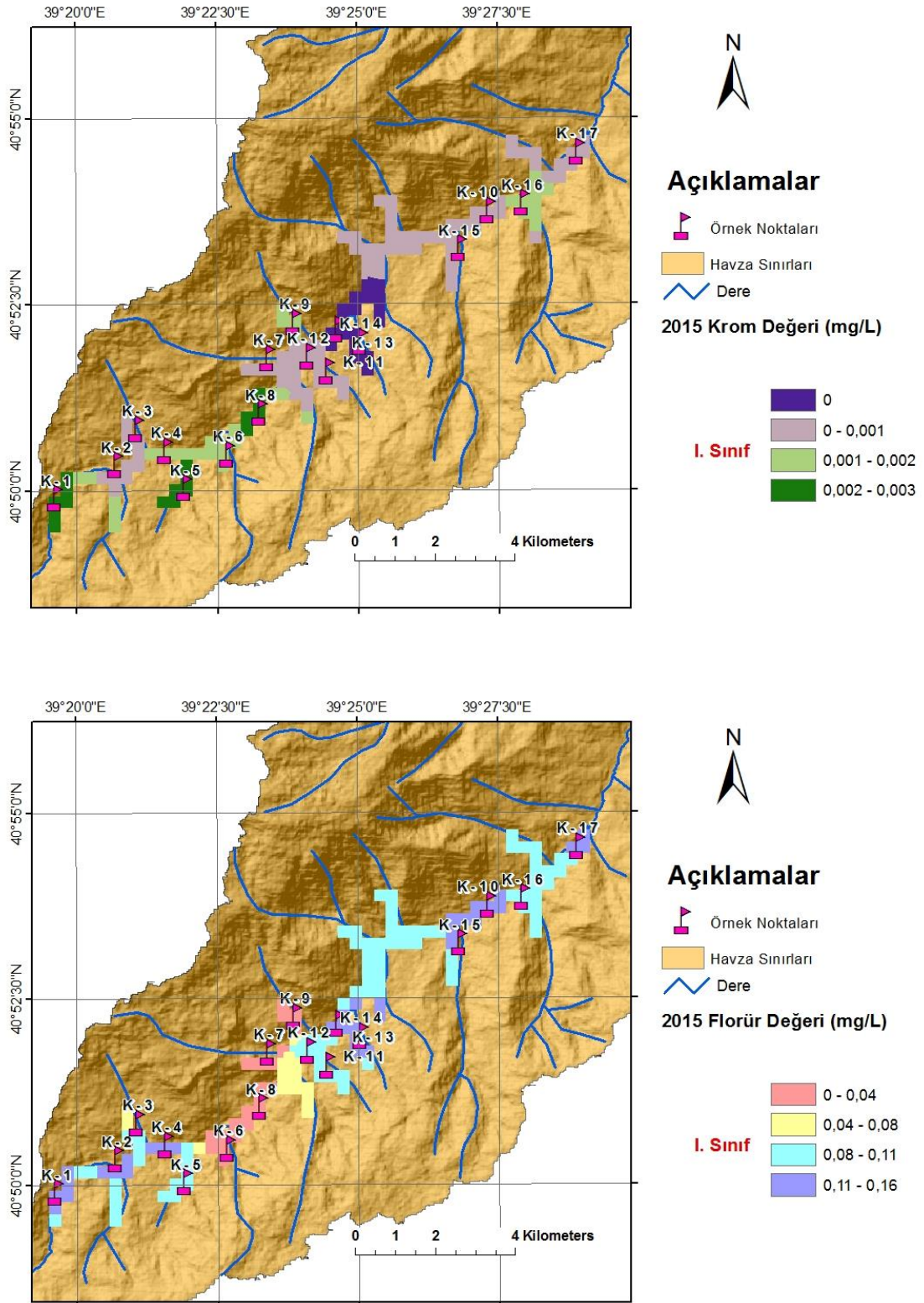


Şekil 23. Kurşun, kobalt parametrelerine ait tematik haritalar.



Şekil 24. Nikel, arsenik parametrelerine ait tematik haritalar.





Şekil 25. Krom, florür parametrelerine ait tematik haritalar.

Demir değerleri 0.14-6 mg/L arası değerlerdir. Bu haritada K-1 noktası, K-5,K-7 noktalar arası, K-10 noktası 0.14-1 mg/L arasındadır ve II. Sınıf'tır. K-17 noktası ise 5-6 mg/L arası değer almış ve IV. Sınıf'tır.

Mangan için oluşturulan haritada değerler 0.02-3 mg/L arasındadır. K-2, K-4 arası noktalar, K-7, K-15 arası noktalar ve K-16 noktası 0.1-0.5 mg/L arasındadır ve II. Sınıf'tır. K-17 noktası ise 0.5-0.6 mg/L arasındadır ve III. Sınıf'tır.

Alüminyum 0.22-6 mg/L arası değer göstermiştir. K-2, K-3 noktalar arası ve K-12, K-17 noktalar arası 1-6 mg/l arası değer gösteren IV. Sınıftır. Diğer noktalar ise 0.3-1 mg/L arası değer gösteren III. Sınıftır.

Bakır haritada 0-0.008mg/L arasında değerler göstermiştir ve bütün değerler I. Sınıftır.

Kurşuna ait tematik haritada 0.003-0.02 mg/l arası değerler izlenmiş ve K-2, K-4 noktalar arası, K-7, K-15 noktalar arası, K-17 noktası II. Sınıf'tır.

Kobalt 0-0.008 mg/L arası değerler almış ve bütün noktalar I. Sınıf'tır.

Nikel 0.001-0.016mg/L arasındadır ve bütün değerler I. Sınıftır.

Arsenik 0.001-0.007 mg/L arasında değer almıştır ve bütün noktalarda I. Sınıf'tır.

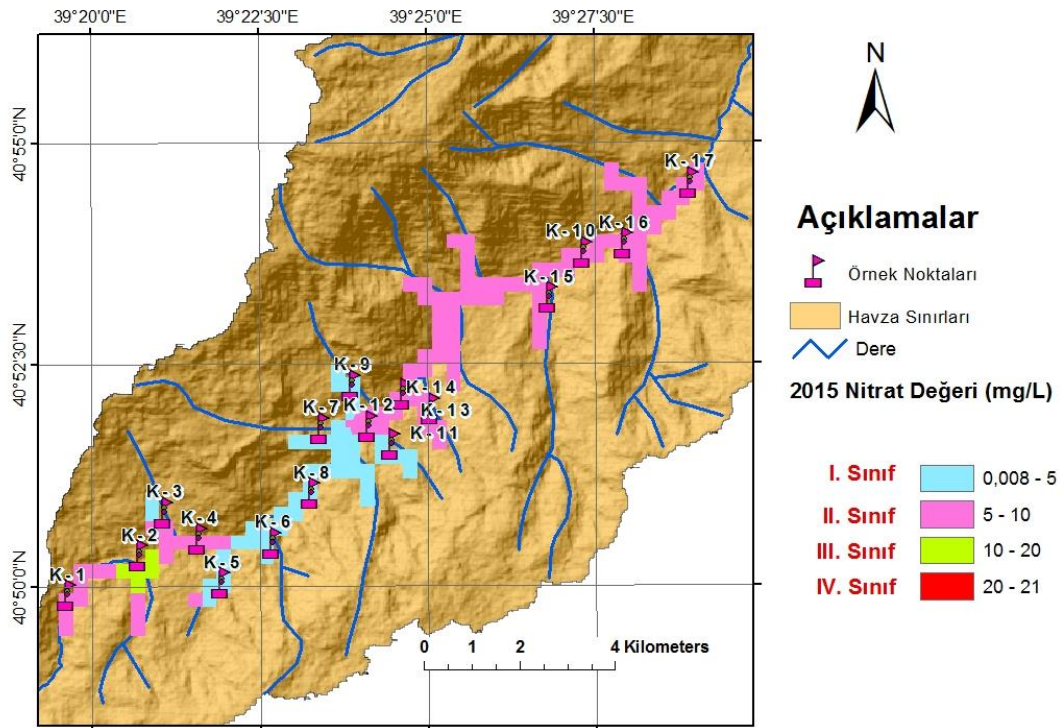
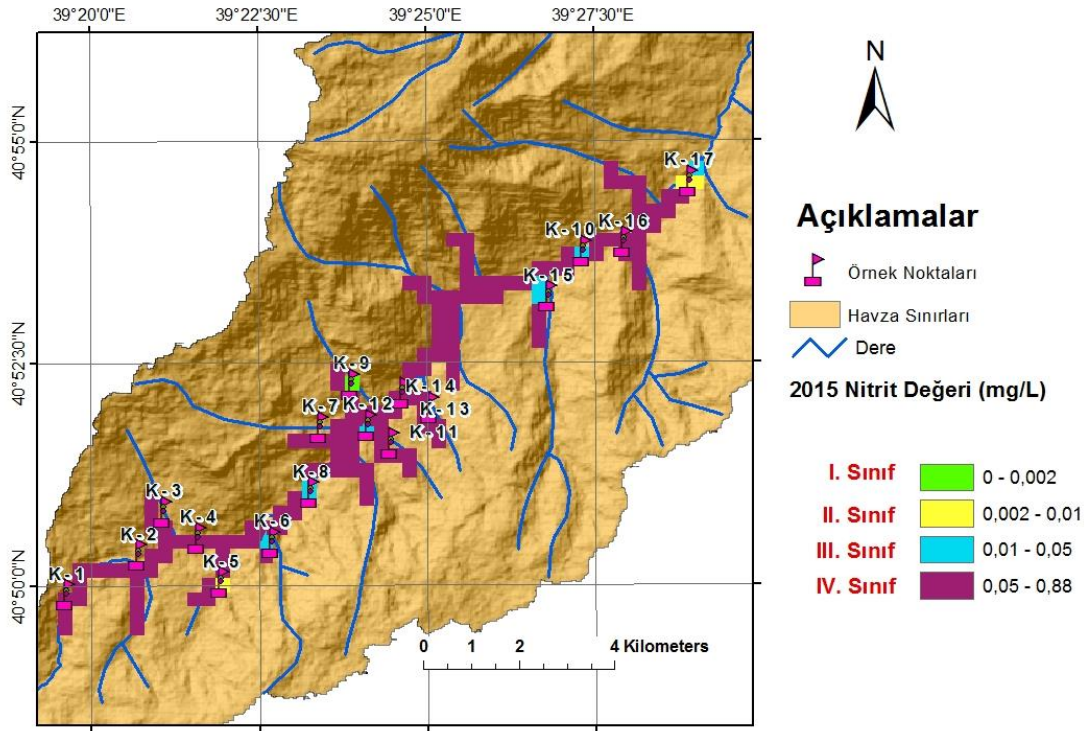
Krom 0-0.003 mg/L arasında değerler almıştır. Bütün noktalarda I. Sınıf'tır.

Florür 0-0.16 mg/l arasında değerler almış ve bütün noktalar I. Sınıf sular sınıfında gözlenmiştir.

Kirlilik parametreleri için tematik haritalar oluşturulmuştur. Bu haritalarda ölçülen değerler dört sınıfa ayrılarak değerlendirilmiştir (şekil 26). Sınır değerini aşan parametrelerin yorumlaması kolayca gözlenip 'Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları'' na göre sınıflaması yapılmıştır.

Nitrite ait haritada 0-0.88 mg/L arası değerler gözlenmiş ve analiz edilen bütün noktalar ve çevresinde genel olarak 0.05-0.88 mg/L arasında değer veren IV. Sınıf sular izlenmiştir.

Nitrata ait haritalarda ise 0.008-21 mg/L arasında değerler gözlenmiştir. Çalışılan bölgenin kuzey ve güneyinde II. Sınıf sular ve K-2 noktasında III. sınıf sulara rastlanmıştır.



Şekil 26. Nitrit, nitrat parametreleri tematik haritaları.

## **4. İRDELEME VE TARTIŞMA**

### **4.1. Giriş**

Akarsular çevre kirliliğinden birinci derecede etkilenen ekosistemlerdir. Evsel, endüstriyel ve tarımsal aktivitelerden kaynaklanan kirleticiler ilk olarak akarsulara karışmaktadır. İnsan nüfusunun az olduğu dönemlerde akarsulara karışan atık maddeler kısa bir mesafede seyreltip doğal yollardan parçalanabiliyordu. Ancak kalkınma ile beraber gelen aşırı nüfus artışı ve sanayileşme ile evsel ve endüstriyel atıklar da çoğalmış ve akarsular kendi kendini temizleyemez duruma gelmiştir. Suların fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak kirlenmesi nedeniyle suyun kalitesinde ve özelliklerinde değişimler meydana gelmektedir. Bu değişimler suda yaşayan canlıları etkilemektedir(Kara ve Çömlekçiöğlü, 2004).

### **4.2. Söğütlü Deresi 2009 ve 2015 Yıllarında Suların Kalitesini Etkileyen Parametreler**

Söğütlü deresinin güneyinde su kirliliği açısından değerlendirmesi 17 ayrı noktada 2009 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde yüksek lisans tez çalışması 'Trabzon İli Yeraltı ve Yerüstü Sularının Hidrojeolojik, Hidrokimyasal İncelenmesi ve Su Kalitesinin İncelenmesi (Celep, 2009)' ve 2015 yıllarında yapılan ölçümler yardımıyla değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler 'Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları' yardımıyla karşılaştırılmıştır. Sınır değerini aşan II. Sınıf, III. Sınıf ve IV. Sınıf veriler yorumlanmıştır (Tablo 27).



Tablo 27. Söğütlü Deresi sularının 2009 ve 2015 yıllarında ‘Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları’na göre karşılaştırılması

Örnek Numarası	Kirlilik Parametreleri	Suyun Sınıfı	
		2009	2015
K-1	Cu	III. Sınıf (0,058)	I. Sınıf (0,006)
	Mn	II. Sınıf (0,351)	I. Sınıf (0,024)
	Ni	III. Sınıf (0,094)	I. Sınıf (0,001)
	Nitrit	III. Sınıf (0,019)	IV. Sınıf (0,87)
	Nitrat	II. Sınıf (5,21)	I. Sınıf (1,8)
K-2	Fe	I. Sınıf (0,088)	III. Sınıf (0,169)
	Al	I. Sınıf (0,173)	IV. Sınıf (1,29)
	Cu	III. Sınıf (0,058)	I. Sınıf (0,001)
	Pb	I. Sınıf (0,008)	II. Sınıf (0,011)
	Mn	II. Sınıf (0,387)	II. Sınıf (0,157)
	Ni	III. Sınıf (0,096)	I. Sınıf (0,005)
	Nitrit	II. Sınıf (0,02)	IV. Sınıf (0,96)
	Nitrat	I. Sınıf (3,5)	III. Sınıf (14,87)
K-3	Fe	I. Sınıf (0,014)	III. Sınıf (2,73)
	Al	I. Sınıf (0,034)	IV. Sınıf (1,49)
	Cu	III. Sınıf (0,058)	I. Sınıf (0)
	Pb	III. Sınıf (0,021)	II. Sınıf (0,012)
	Mn	II. Sınıf (0,396)	II. Sınıf (0,178)
	Ni	III. Sınıf (0,098)	I. Sınıf (0,01)
	Nitrit	III. Sınıf (0,018)	IV. Sınıf (0,74)
K-4	Fe	I. Sınıf (0,024)	III. Sınıf (1,11)
	Al	I. Sınıf (0,046)	III. Sınıf (0,967)
	Cu	III. Sınıf (0,057)	I. Sınıf (0,004)
	Pb	II. Sınıf (0,011)	II. Sınıf (0,012)
	Mn	II. Sınıf (0,368)	II. Sınıf (0,105)
	Ni	III. Sınıf (0,094)	I. Sınıf (0,003)
	Nitrit	III. Sınıf (0,019)	IV. Sınıf (0,72)
	Nitrat	II. Sınıf (8,15)	I. Sınıf (1,3)
K-5	Cu	III. Sınıf (0,056)	I. Sınıf (0,005)
	Pb	II. Sınıf (0,018)	I. Sınıf (0,008)
	Mn	II. Sınıf (0,372)	I. Sınıf (0,026)
	Ni	III. Sınıf (0,094)	I. Sınıf (0,001)
	Nitrit	IV. Sınıf (0,019)	I. Sınıf (0)

Tablo 27'nin devamı

K-6	Al	I. Sınıf (0,084)	III. Sınıf (0,437)
	Cu	III. Sınıf (0,055)	I. Sınıf (0,006)
	Pb	II. Sınıf(0,015)	I. Sınıf (0,007)
	Mn	II. Sınıf (0,356)	I. Sınıf (0,041)
	Ni	III. Sınıf (0,093)	I. Sınıf (0,001)
	Nitrit	III. Sınıf (0,019)	I. Sınıf (0)
K-7	Fe	I. Sınıf (0,04)	II. Sınıf (0,429)
	Al	I. Sınıf (0,1)	III. Sınıf (0,45)
	Cu	III. Sınıf (0,057)	I. Sınıf (0,004)
	Pb	II. Sınıf (0,011)	I. Sınıf (0,009)
	Mn	II. Sınıf (0,375)	I. Sınıf (0,045)
	Ni	III. Sınıf (0,096)	I. Sınıf (0,001)
	Nitrit	III. Sınıf (0,017)	I. Sınıf (0)
K-8	Fe	I. Sınıf (0,023)	II. Sınıf (0,45)
	Al	I. Sınıf (0,078)	III. Sınıf (0,494)
	Cu	III. Sınıf (0,056)	I. Sınıf (0,005)
	Mn	II. Sınıf (0,363)	I. Sınıf (0,046)
	Ni	III. Sınıf (0,093)	I. Sınıf (0,001)
	Nitrit	III. Sınıf (0,017)	I. Sınıf (0)
K-9	Fe	I. Sınıf (0,024)	III. Sınıf (1,93)
	Al	I. Sınıf (0,089)	IV. Sınıf (1,86)
	Cu	III. Sınıf (0,056)	I. Sınıf (0,002)
	Pb	II. Sınıf (0,013)	II. Sınıf (0,012)
	Mn	II. Sınıf (0,365)	II. Sınıf (0,17)
	Ni	III. Sınıf (0,096)	I. Sınıf (0,006)
	Nitrit	III. Sınıf (0,022)	I. Sınıf (0)
K-10	Fe	I. Sınıf (0,014)	II. Sınıf (0,861)
	Al	I. Sınıf (0,04)	IV. Sınıf (1,16)
	Cu	III. Sınıf (0,057)	I. Sınıf (0,005)
	Pb	III. Sınıf (0,023)	I. Sınıf (0,003)
	Mn	II. Sınıf (0,364)	I. Sınıf (0,079)
	Ni	III. Sınıf (0,094)	I. Sınıf (0,003)
	Nitrit	III. Sınıf (0,016)	I. Sınıf (0)

Tablo 27'nin devamı

K-11	Fe	I. Sınıf (0,039)	III. Sınıf (3,52)
	Al	I. Sınıf (0,1115)	IV. Sınıf (2,37)
	Cu	III. Sınıf (0,056)	I. Sınıf (0,003)
	Pb	II. Sınıf (0,012)	I. Sınıf (0,005)
	Mn	II. Sınıf (0,361)	II. Sınıf (0,203)
	Ni	III. Sınıf (0,095)	I. Sınıf (0,005)
	Nitrit	III. Sınıf (0,024)	IV. Sınıf (0,79)
K-12	Fe	I. Sınıf (0,004)	III. Sınıf (3,42)
	Al	I. Sınıf (0,107)	IV. Sınıf (2,84)
	Cu	III. Sınıf (0,056)	I. Sınıf (0)
	Pb	I. Sınıf (0,005)	I. Sınıf (0,0015)
	Mn	II. Sınıf (0,369)	II. Sınıf (0,458)
	Ni	III. Sınıf (0,097)	I. Sınıf (0,009)
	Nitrit	III. Sınıf (0,019)	I. Sınıf (0)
	Nitrat	I. Sınıf (2,1)	II. Sınıf (7,5)
K-13	Fe	I. Sınıf (0,026)	III. Sınıf (4,55)
	Al	I. Sınıf (0,096)	IV. Sınıf (3,66)
	Cu	III. Sınıf (0,056)	I. Sınıf (0)
	Pb	I. Sınıf (0,007)	II. Sınıf (0,016)
	Mn	II. Sınıf (0,364)	III. Sınıf (0,569)
	Ni	III. Sınıf (0,092)	I. Sınıf (0,01)
	Nitrit	III. Sınıf (0,018)	IV. Sınıf (0,74)
	Nitrat	I. Sınıf (2,4)	II. Sınıf (7,74)
K-14	Fe	I. Sınıf (0,006)	III. Sınıf (3,44)
	Al	I. Sınıf (0,078)	IV. Sınıf (2,79)
	Cu	III. Sınıf (0,056)	I. Sınıf (0,001)
	Pb	II. Sınıf (0,016)	I. Sınıf (0,007)
	Mn	II. Sınıf (0,371)	II. Sınıf (0,256)
	Ni	III. Sınıf (0,095)	I. Sınıf (0,006)
	Nitrit	III. Sınıf (0,021)	IV. Sınıf (0,74)
	Nitrat	I. Sınıf (2,5)	II. Sınıf (9)
K-15	Fe	I. Sınıf (0,008)	III. Sınıf (1,51)
	Al	I. Sınıf (0,032)	IV. Sınıf (1,99)
	Cu	III. Sınıf (0,057)	I. Sınıf (0,003)
	Pb	II. Sınıf (0,016)	I. Sınıf (0,007)

Tablo 27'nin devamı

K-15	Mn	II. Sınıf (0,371)	II. Sınıf (0,256)
	Ni	III. Sınıf (0,095)	I. Sınıf (0,006)
	Nitrit	III. Sınıf (0,021)	IV. Sınıf (0,74)
	Nitrat	I. Sınıf (2,5)	II. Sınıf (9)
K-16	Fe	I. Sınıf (0,028)	III. Sınıf (1,58)
	Al	I. Sınıf (0,076)	IV. Sınıf (1,85)
	Cu	III. Sınıf (0,057)	I. Sınıf (0,004)
	Pb	II. Sınıf (0,012)	I. Sınıf (0,006)
	Mn	II. Sınıf (0,37)	II. Sınıf (0,107)
	Ni	III. Sınıf (0,096)	I. Sınıf (0,003)
	Nitrit	III. Sınıf (0,025)	IV. Sınıf (0,83)
	Nitrat	I. Sınıf (1,75)	II. Sınıf (5,53)
K-17	Fe	I. Sınıf (0,033)	IV. Sınıf (7,12)
	Al	I. Sınıf (0,077)	IV. Sınıf (6,02)
	Cu	III. Sınıf (0,057)	I. Sınıf (0,009)
	Pb	II. Sınıf (0,011)	II. Sınıf (0,016)
	Mn	II. Sınıf (0,365)	III. Sınıf (0,604)
	Ni	III. Sınıf (0,092)	I. Sınıf (0,017)
	Nitrit	III. Sınıf (0,016)	I. Sınıf (0)
	Nitrat	I. Sınıf (1,5)	II. Sınıf (8,37)

Demir, 2009' da elde edilen verilere göre 0,006-0,088 mg/L arası değer göstermiştir. Bu değerler bütün noktalarda I. Sınıf sular sınıfına girmektedir. 2015' de ise 0,074-7,12 mg/L arası değer göstermiştir ve K-17 noktasında IV. Sınıf, K-3, K-4, K-9, K-11 ve K-16 arası noktalarda III. Sınıf sular, K-7, K-8, K-10 ise II. Sınıf sular sınıfına girmektedir.

Alüminyum, 2009' da elde edilen verilere göre 0,032-0,173 mg/L arası değer göstermiştir. Bu değerler bütün noktalarda I. Sınıf sular sınıfına girmektedir. 2015' de ise 0,21-6,02 mg/L arası değer göstermiştir ve K-9, K-17 arasındaki noktalar ve K-2, K-3 noktaları IV. Sınıf, K-4, K-6, K-7 ve K-8 arası noktalarda III. Sınıf sular sınıfına girmektedir.

Bakır, 2009' da elde edilen verilere göre 0,056-0,058 mg/L arası değer göstermiştir. Bu değerler bütün noktalarda III. Sınıf sular sınıfına girmektedir. 2015' de ise 0-0,009 mg/L arası değer göstermiştir ve bütün noktalar I. Sınıf sular sınıfına girmektedir.

Kurşun, 2009' da elde edilen verilere göre 0,005-0,028 mg/L arası değer göstermiştir. Bu değerler K-3, K-10 ve K-15 noktalarında III. Sınıf, K-9, K-11, K-14, K-16, K-17 noktalarında II. Sınıf sular sınıfına girmektedir. 2015' de ise 0,003-0,016 mg/L arası değer göstermiştir ve K-2 ve K-4 arası, K-9, K-12, K-13, K-15 ve K-17 noktalarında II. Sınıf sular sınıfına girmektedir.

Mangan, 2009' da elde edilen verilere göre 0,351-0,396 mg/L arası değer göstermiştir. Bu değerler bütün noktalarda II. Sınıf sular sınıfına girmektedir. 2015' de ise 0,024-0,604 mg/L arası değer göstermiştir ve K-13, K-17 noktalarında III. Sınıf, K-2 ve K-4 arası K-9, K-11, K-12, K-14, K-15, K-16 noktalarında II. Sınıf sular sınıfına girmektedir.

Nikel, 2009' da elde edilen verilere göre 0,092-0,098 mg/L arası değer göstermiştir. Bu değerler bütün noktalarda III. Sınıf sular sınıfına girmektedir. 2015' de ise 0,001-0,017 mg/L arası değer göstermiştir ve bütün noktalar I. Sınıf sular sınıfına girmektedir.

Nitrit, 2009' da elde edilen verilere göre 0,015-0,025 mg/L arası değer göstermiştir. Bu değerler bütün noktalarda III. Sınıf sular sınıfına girmektedir. 2015' de ise 0-0,96 mg/L arası değer göstermiştir ve K-1,K-4 arası noktalar, K-11, K-13, K-14, K-16 IV. Sınıf sular sınıfına girmektedir.

Nitrat, 2009' da elde edilen verilere göre 0,4-3,5 mg/L arası değer göstermiştir. Bu değerler bütün noktalarda I. Sınıf sular sınıfına girmektedir. 2015' de ise 0-14,87 mg/L arası değer göstermiştir ve K-2 III. Sınıf, K-1, K-4, K-10, K-12 ve K-17 arası noktalar II. Sınıf sular sınıfına girmektedir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Trabzon ili Söğütlü Deresi güneyi ve yan kollarında 17 farklı noktadan alınan su örnekleri hidrojeokimyasal özellikleri araştırılmıştır. Hidrojeokimyasal analiz sonuçları kullanılarak her bir örnek noktası için veri bankası oluşturulmuştur. Oluşturulan bu veri bankasında sular kalite açısından sınıflandırılmış, içilebilme ve kullanılabilme özellikleri belirlenmiştir. Söğütlü Deresi'nde ölçülen fiziksel parametreler (su sıcaklığı, sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen, toplam çözülmüş madde), anyon ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ), katyonlar (Ca, Mg, Na), iz element (Fe, Mn, Al, Cu, Pb, Ni, Co, Cd, As, Cr, F) ve kirlilik parametrelerinde meydana gelen ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) değişimler irdelenmiştir. 'Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları' yardımıyla su kalite sınıfları belirlenmiş ve daha önce yapılmış çalışma ile günümüz verilerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Sınır değerini aşan II. Sınıf, III. Sınıf ve IV. Sınıf veriler yorumlanmıştır. Oluşturulan tematik haritalar su sınıflama kriterlerine göre değerlendirilerek yorumlanmıştır.

Trabzon Söğütlü Deresinde yapılan önceki çalışmalarda elde edilen veriler ile bu çalışma kapsamında yapılan analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

1. Söğütlü Deresinde sıcaklık değerleri 8-20,05 °C arasında ölçülmüştür. Yüzey suyu sıcaklığı ölçüm yapılan mart ayının mevsimsel hava sıcaklığı ile yakından ilişkilidir. pH değeri 6.63-7.5 arasında ölçülmüştür ve bu değerlere göre dere suyu I. Sınıf sular sınıfındadır. Çözülmüş oksijen değeri 2.76-11.25 mg/L ölçülmüştür ve buna göre K-17 noktası IV. Sınıf, K-8, K-16 arası örnek noktaları III. Sınıf, K-1, K-7 noktaları I. Sınıf su sınıfında yer almaktadır. Elektriksel iletkenlik değeri 61-258  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında ölçülmüştür ve bu değere göre su örnekleri I. Sınıf'ta yer almaktadır. Dere suyunda toplam çözülmüş madde miktarı 58-223 mg/L arasında ölçülmüştür ve bu değerlere göre ' Tatlı Su ' sınıfında yer almaktadır. Sertlik değeri yüzey sularında 50.75-218.48 mg/L aralığında ölçülmüştür ve su örnekleri genel olarak 'Çok Sert sular' sınıfındadır. Sodyum değeri 1.82-7.06 mg/L, sülfat değeri 0-30.61 mg/L, klorür değeri 0-5.49 mg/L ölçülmüştür ve bu değerler açısından I. Sınıf sular sınıfında yer almaktadır.
2. Demir 0.074-7.12 mg/L arasında ölçülmüştür ve bu değerlere göre dere III. ve IV. Sınıf sulara rastlanmıştır. Mangan 0.024-0.604 mg/L arasında ölçülmüştür ve bu değerlere göre K-11 noktası ve sonrasında II ve III. Sınıf sulara rastlanmıştır.

Alüminyum 0.21-6.02 mg/L arasında ölçülmüştür. Bu değerlere göre derede III ve IV. Sınıf sulara rastlanmıştır. Kurşun 0.003-0.016 mg/L arasında ölçülmüştür ve bu değerlere göre derede II. Sınıf sulara rastlanmıştır. Kobalt 0-0.008 mg/L, nikel 0.001-0.017 mg/L, bakır 0-0.009 mg/L, kadmiyum 0-0.001 mg/L, arsenik 0.001-0.008 mg/L, krom 0-0.03 mg/L, florür 0-0.17 mg/L arasında ölçülmüştür ve bu değerler açısından I. Sınıf sular sınıfında yer almaktadır.

3. Nitrit 0-0.096 mg/L arasında ölçülmüştür ve bu değerlere göre K-1 ile K-4 arası, K-11, K-13, K-14 ve K-16 ölçüm noktalarının olduğu bölgeler IV. Sınıf sular sınıfındadır. Nitrat 0-14.87 mg/L arasında ölçülmüştür ve bu değerlere göre K-2 III. Sınıf, K-1, K-3, K-4, K-10, K-12 ile K-17 arası II. Sınıf sular sınıfındadır.
4. Fiziksel parametreler ve anyon, katyonlar için elde edilen tematik haritada, pH bütün örnek noktalarında I. Sınıf'tır. DO değeri en yüksek 8-11 mg/L arasındadır. K-1 noktasında en yüksek değer gözlenmiş ve K-17 noktasına doğru azalma göstermiştir. Eİ değeri en yüksek 194-259  $\mu$ S/cm arasındadır. Bu değerler Bütün noktalarda I. Sınıf'tır. TDS değeri en yüksek 170-207 mg/L arasındadır ve bütün sular 'Tatlı Su' olarak tanımlanmıştır. Sertlik değeri en yüksek 180-205 arasındadır. Bu değerler K-1 noktasında 'Sert Su', diğer noktalarda ise 'Çok Sert Su' olarak tanımlanmıştır. Na en yüksek 5.31-6.47 mg/L olan değerlerdir bu değerler bütün noktalarda I. Sınıf'tır. Sülfat en düşük 19.69-26.25 mg/L arasındaki değerler bütün değerler I. Sınıf'tır. Klorür en yüksek 3.62-4.83 mg/L arasındaki değerler almıştır ve bütün noktalarda I. Sınıf'tır.
5. Eser elementler için oluşturulan tematik haritalarda, sınır değerini aşan elementler için;  
Demir, çalışma alanında 1-5 mg/L arası değerlerde yoğunluk göstermiştir ve bu değerler III. sınıf sulara işaret eder. Mangan 0.1-0.5 mg/L arası değerler yoğunluk göstermiştir ve II. Sınıf sulardır. Alüminyum genel olarak 1-6 arası değerler göstermiştir ve bu değerler IV. Sınıfa işaret eder. Kurşun, 0.003-0.01 arası değerler ile 0.01-0,015 mg/L arası değerlerde yoğunluk göstermiştir ve bunlar I ve II. Sınıf sulara işaret etmektedir. Nitrit, 0.05-0.88 arası değerler yoğunluk göstermiş ve bunlar da IV. Sınıf sulara işaret etmiştir. Nitrat ise 5-10 arası değerlerde yoğunluk göstermiştir ve bu değerler II. Sınıf sulara işaret eder.
6. Daha önce yapılmış olan çalışma ile bu çalışma II. Sınıf, III. Sınıf ve IV. Sınıf verileri karşılaştırıldığında;

Demir, daha önce bütün noktalarda I. Sınıf sular sınıfında tanımlanmış iken, bu çalışmada K-17 noktasında IV. Sınıf, K-2, K-3, K-4, K-9, K-11 ve K-16 arası noktalarda III. Sınıf sular, K-7, K-8, K-10 noktalarında II. Sınıf sular sınıfına girmektedir. Alüminyum, daha önce bütün noktalarda I. Sınıf sular sınıfında tanımlanmış iken, bu çalışmada K-9, K-17 arasındaki noktalar ve K-2, K-3 noktalarında IV. Sınıf, K-4, K-6, K-7 ve K-8 arası noktalarda III. Sınıf sular sınıfına girmektedir. Bakır, daha önce III. Sınıf sular sınıfında tanımlanmış iken, bu çalışmada bütün noktalar I. Sınıf sular sınıfına girmektedir. Kurşun, daha önce K-3, K-10 ve K-15 noktalarında III. Sınıf, K-9, K-11, K-14, K-16, K-17 noktalarında II. Sınıf sular sınıfında tanımlanmış iken, bu çalışmada K-2 ve K-4 arası, K-9, K-12, K-13, K-15 ve K-17 noktalarında II. Sınıf sular sınıfına girmektedir. Mangan, daha önce bütün noktalarda II. Sınıf sular sınıfında tanımlanmış iken, bu çalışmada K-13, K-17 noktalarında III. Sınıf, K-2 ve K-4 arası K-9, K-11, K-12, K-14, K-15, K-16 noktalarında II. Sınıf sular sınıfına girmektedir. Nikel, daha önce bütün noktalarda III. Sınıf sular sınıfında tanımlanmış iken, bu çalışmada bütün noktalar I. Sınıf sular sınıfına girmektedir. Nitrit, daha önce bütün noktalarda III. Sınıf sular sınıfında tanımlanmış iken, bu çalışmada K-1, K-4 arası noktalar, K-11, K-13, K-14, K-16 noktalarında IV. Sınıf sular sınıfına girmektedir. Nitrat, daha önce bütün noktalarda I. Sınıf sular sınıfında tanımlanmış iken, bu çalışmada K-2 noktasında III. Sınıf, K-1, K-4, K-10, K-12 ve K-17 noktaları arasında II. Sınıf sular sınıfına girmektedir.

7. Su kalitesinin izlenmesinde en büyük zorluk tek bir konumda dahi pek çok değişkenle tanımlanmasıdır. Tüm değişkenlerin sistematik biçimde aynı sıklıklarda gözlenmiş olmaları halinde analiz kolaydır. Fakat veri fazlalığı ve veri organizasyonunun zahmetli olması nedeniyle mevcut yöntemlerin uygulanması oldukça zordur. Zaman ve ekonomi gibi kısıtlayıcı nedenlerden dolayı, herhangi bir noktadaki kirlilik dağılımı sınırlı miktarda bilgi toplanmasına neden olur. Bu sorunlar ArcGIS 10.1 jeoistatistiksel analiz yöntemlerinden biri olan IDW ile kolayca çözümlenebilir.

Bu tez çalışması kapsamında, Söğütlü Havzası'nda elde edilen verilerin IDW yöntemi kullanılarak su kalitesi parametrelerine ait tematik haritalar oluşturularak, kirlilik yükleri açısından potansiyel bölgeleri belirlenmiştir. Bu



teknik ile çeşitli havza yönetim senaryolarının oluşturulması ve sonuçlarının izlenmesi mümkündür.

Akarsu boyunca oluşabilecek ani değişiklikler ve gelecekte su kalitesinin hangi boyutta değişeceğini gösterilmesi ve gerekli önlemlerin alınması için bu tür programlar desteklenmeli ve kullanımı teşvik edilmelidir.

8. Bu çalışmada Söğütlü Havzası'nda demir, mangan, alüminyum, kurşun, nitrit, nitrat değerlerinin 'Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıfları' na göre sınır değeri aştığı tespit edilmiştir. Bunun başlıca nedeni çevresel etkenlerdir.

Bölgenin eğimli olması ve iklimin çok yağışlı olması çözünmüş madde konsantrasyonlarını arttırmıştır. Erozyon gözlenen bölgelerde yamaçların kontrol altına alınması, tarımsal faaliyetlerin gerçekleştiği bölgelerin denetlenmesi, bozuk mera alanlarının iyileştirmesi gerekmektedir.

Bölgede bulunan yerleşim birimlerinin dereye doğrudan kanalizasyon atıklarını vermesi engellenmeli ve küçük arıtma tesisleri kurulduktan sonra derelere verilmelidir. Alternatif olarak sızdırmaz fosseptik çukurları ile uzaklaştırma yapılmalıdır.

Tarımla uğraşan insanların kullandığı azotlu ve fosforlu gübreler sularda kirlilik etkeni olabilir. Bölge halkı gübreleme hakkında bilgilendirilmeli ve gübre sulara ulaşmadan önce kontrol altına alınmalıdır.

## 7. KAYNAKLAR

- Alparslan, M.N., Tanık, A. ve Dölgen, D., 2008. Türkiye Su Yönetimi, Sorunlar ve Öneriler, TÜSİAD, Eylül, Ankara, 2008-9/469, 216.
- Al-Muqdadı, S.W. ve Merkel, B.J. 2011. Automated Watershed Evaluation of Flat Terrain, Journal of Water Resource and Protection, 3, 892-903.
- Akar, İ., 2006. Kasatura Körfezi Hidrolojik Havzasının Drenaj Ağı Morfometrik Özelliklerinin Belirlenmesinde CBS'nin Kullanımı. 1. Uzaktan Algılama ve CBS Sempozyumu, (UZAL-CBS), ISBN: 975-561-290-4, (CD), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Arslanoglu, M. ve Özçelik, M. 2005. Sayısal Arazi Yükseklik Verilerinin İyileştirilmesi.
- ATSDR, 1992. Toxicological Profile for Aluminium. Atlanta, GA, US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (TP- 91/01).
- Başel, E.D.K., Çakın, K. ve Satman, A. 2008. Türkiye'nin Yeraltı Sıcaklık Haritası ve Tahmini Isı İçeriği. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Aralık, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 635-644.
- Bektaş, O., Van, O. ve Boynukalın, S., 1987, Doğu Pontidler'de (Kuzeydoğu Türkiye) Jura Volkanizması ve Jeotektoniği, TJK Bülteni, Ankara, 30, 9-18.
- Bulut, V.N., 2005. Trabzon (Maçka) Kalyan Akarsuyunun Su Kalitesinin Araştırılması ve Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Carlson, R.A. ve Osiensky, J.L., 1998. Geostatistical Analysis and Simulation of Nonpoint Source Drownwater Nitrate Contamination: A Case Study, Environmental Geosciences, 5, 177-186.
- Celep, S., 2009. Trabzon İli Yeraltı ve Yerüstü Sularının Hidrojeolojik, Hidrokimyasal İncelenmesi ve Su Kalitesinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Devlet Su İşleri, 2012. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Hidroloji Uygulamaları, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, CBS Şube Müdürlüğü.
- DOKAP, 2013. T.C. Kalkınma Bakanlığı Doğu Karadeniz Projesi Bölge Kalkınma Dairesi Başkanlığı, Trabzon İl Raporu, Giresun.
- Ecker, M.D., 2004. Geostatistics: Past, Present and future, Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of The UNESCO, Eolss Publishers, Oxford, UK.

- Erguvanlı, K. ve Yüzer E., 1973. Yeraltı Suları Jeolojisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, 967, 293–324.
- EİEİ, 1996-2005. Türkiye Akarsularında Su Kalitesi Gözlemleri, Ankara.
- Eyüboğlu, Y., 2006. Doğu Pontid Mağmatik Yayı'nda (KD Türkiye) Alaska-Tip Mafikultramafiklerinin Tanımı ve Jeotektonik Önemi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1997. Su Kalitesi, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, Ankara, No:43.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1994. Su Kalitesi, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı, Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, TC. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara, No: 43.
- Gültekin, F., Fırat Ersoy, A., Ersoy, H. ve Dilek, R., 2003. Değirmendere Havzasının (Trabzon) Hidrolojisi, 1. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, Eylül, İzmir, Bildiriler Kitabı, 803-813.
- Gültekin, F., Ersoy, H. ve Dilek, R., 2003. Trabzon İli İçme Suyu Olanakları, 20. Yıl Jeoloji Sempozyumu, 14-16 Mayıs, Isparta, Bildiriler Özleri Kitabı, 254.
- Gültekin, F., Fırat Ersoy, A., Hatipoğlu, E. ve Celep, S., 2013. Quality Assessment of Surface and Groundwater in Solaklı Basin (Trabzon, Turkey), Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 72, 2 , 213-224.
- Gündoğdu, K., 2003. Sayısal Yükseklik Modellerinin Arazi Boykesitlerinin Çıkarılmasında Kullanımı, Ulud. Üniv. Zir. Fak. Derg., 17, 1, 149-157.
- Güven, İ., 1998. 1/100000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları, Trabzon-C28 ve D28 paftaları, Jeoloji Etütleri Dairesi, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Harmancıoğlu, N. B. ve Özkul, S., 2002. Hidrolojik Verilerin Bilgiye Dönüştürülmesi. Hidrojeolojide Veri, İşlem, Yorumlama ve Tasarım Seminer Notları, Su Vakfı Yayınları, Ocak-Şubat, İstanbul, 99-155.
- Hem, J.D., 1985. Study and İnterpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water: U.S. Geological Survey Water- Supply Paper 2254, U.S. Geological Survey, Alexandria, VA 22304, USA, 263.
- Resmi Gazete, 2005. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği, Başbakanlık Basımevi, 25730.
- İşlem Şirketler Grubu, 2004. ArcGIS 9.0 Teknolojisi Genel Bakış Ankara.
- Jenson, S.K. ve Domingue, J.O., 1988. Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographical Information System Analysis. Photogrammetric Engng Remote Sensing, 54, 1593–1600.

- Kara, C. ve Çömlekçioğlu, U., 2004. Karaçay (Kahramanmaraş)'ın Kirliliğinin Biyolojik ve Fiziko-Kimyasal Parametrelerle İncelenmesi, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 7, 1.
- Karagül, R., 1996. Trabzon - Söğütlüdere Havzasında Farklı Arazi Kullanım Şekilleri Altındaki Toprakların Bazı Özellikleri ve Erozyon Eğilimlerinin Araştırılması, Tr. J. of Agriculture and Forestry, Tübitak 23, 53-68.
- Karadağ, A. A. 2012. Kovada Gölü Alt Havza Sınırlarının Belirlenmesi, Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi, ISSN; 1306-2182, 8, 1, 58-75.
- Korkmaz, S., 1993. Tonya-Düzköy (GB Trabzon) Yöresinin Stratigrafisi, KTÜ Jeoloji Müh. Bölümü 3. Türkiye Jeoloji Bülteni, 36, 151-158.
- Küpçü, S., 2004. ArcGIS 9 Uygulama Dökümanı. Ankara.
- Küpçü, S., Özer, M., 2006. ArcGIS ile Amenajman Planlama Yazılımı Uygulama Dökümanı Ankara.
- Küpçü, S. ve Kol, Ç., 2008. Spatial Analiz, İşlem GIS, İşlem Coğrafî Bilgi Sistemleri Müh ve Eğitim Ltd. Şti. Ankara.
- Millî Eğitim Bakanlığı, 2012. Kimya Teknolojisi; Alevfotometresi, 524K1266, Ankara.
- Millî Eğitim Bakanlığı, 2011. Çevre Sağlığı: Suların Analiz Parametreleri, 850CK0011, Ankara.
- Oke, A.O., Sangodoyin, A.Y., Ogedengbe, K. ve Omodele, T. 2013. Mapping of River Water Quality Using Inverse Distance Weighted Interpolation In Ogun-Osun River Basin, Nigeria, Landscare & Enviroment, 7, 2, 48-62.
- Samsunlu, A., 1999. Çevre Mühendisliği Kimyası, Sam-Çevre Teknolojileri Merkezi Yayınları, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Resmi Gazete, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Başbakanlık Basımevi, 25687.
- Resmi Gazete, 2009. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları, Çevre ve Orman Bakanlığı, Başbakanlık Basımevi, 27372.
- Şahinci, A. 1991. Doğal Suların Jeokimyası. Reform Matbaası, İzmir, 316-434.
- Şen, A. 2007. Elektrik Alan Şiddetlerinin Ölçümü ve Coğrafî Bilgi Sistemi Ortamında Yapay Sinir Ağları ile Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şener, Ş., Şener, E., Davraz, A., Karagüzel, R. ve Bulut, C., 2010. Eğirdir Gölü Su Kalitesine Yönelik Ön Bulgular: Yerinde Ölçümlerin Değerlendirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 14-1, 72-83.

- Tarboton, D.G., 1997. A New Method For The Determination Of Flow Directions and Upslope Areas in Grid Digital Elevation Models Water Resources Research, 33, 2, 309-319.
- T.C. Sağlık Bakanlığı, 2003. Türkiye'nin Su Flour Haritası, Sağlık Bakanlığı Ana Çocuk Sağlığı ve Aile Planlaması Genel Müdürlüğü, Ankara.
- TSE, 2005. İnsan Amaçlı Tüketim Suları Standartları, TS 266, Ankara.
- Tural, S., 2011. Gerçek Zamanlı Meteoroloji Verilerinin Toplanması, Analizi ve Haritalanması, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Ün., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Türkdemir, H., 1996. Yüzey Sularında Çözünmüş Oksijen Tayini, Ekoloji Çevre Dergisi, 19, 8-12.
- Tüysüz, N. ve Yaylalı, G., 2005. Jeostatistik: Kavramlar ve Uygulamalar, Karadeniz Teknik Üniversitesi Genel Yayın, 220 Fakülte, 61.
- Tosun, F., 1973. İçme Suları Özellikleri, Standartları, Analiz Metodları ve Arıtma Teknolojileri, KTÜ, Trabzon.
- URL-1, <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>, 8 Nisan 2015.
- URL-2, [www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=TRABZON](http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=TRABZON), 21 Mayıs 2015.
- URL-3, <http://www.trabzontarim.gov.tr>, 2 Aralık 2014.
- URL-4, <http://www.csb.gov.tr/iller/trabzon/>, 1 Aralık 2014.
- URL-5, <http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/>, 10 Mart 2015.
- URL-6, <http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/E/4.html>, 10 Mart 2015.
- URL-7, <http://www.csb.gov.tr/db/trabzon/webmenu/webmenu6416.pdf>, 8 Nisan 2015.
- URL-8, [http://awsassets.wftr.panda.org/downloads/su\\_ayak\\_izi\\_raporweb.pdf](http://awsassets.wftr.panda.org/downloads/su_ayak_izi_raporweb.pdf), 8 Nisan 2015.
- URL-9, <http://www.proses-tim.com/medya/su-kimyasi.pdf>, 19 Nisan 2015.
- URL-10, <http://cevre.erciyes.edu.tr/dosyalar/dokumanlar/%C3%87KL%20Yeni/SO4%20S%C3%BClfat%20Tayini.pdf>, 23 Nisan 2015.
- URL-11, <http://www.mta.gov.tr/v2.0/bolgeler/trabzon/index.php?id=bolge-jeolojisi>, 12 Mayıs 2015.
- URL-12, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2004/12/Su%20Kirlili%C4%9Fi%20ekleri.htm>, 13 Mayıs 2015.

URL-13, [http://www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/D9NH\\_140\\_ek.pdf](http://www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/D9NH_140_ek.pdf), 15 Mayıs 2015.

URL-14, [http://cevresagligi.thsk.saglik.gov.tr/dosya/Dokumanlar/sunumlar/Su/56mayis2014Izmir/Icme\\_Suyu\\_Temin\\_Edilen\\_Yuzeysel\\_Sularin\\_Kalitesi\\_ve\\_Uygun\\_Aritma\\_Siniflari.pdf](http://cevresagligi.thsk.saglik.gov.tr/dosya/Dokumanlar/sunumlar/Su/56mayis2014Izmir/Icme_Suyu_Temin_Edilen_Yuzeysel_Sularin_Kalitesi_ve_Uygun_Aritma_Siniflari.pdf), 17 Mayıs 2015.

Ünlü, A., Çoban, F. ve Tunç, S.M. 2008. Hazar Gölü Su Kalitesinin Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler Açısından İncelenmesi, Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23, 119-127.

WHO, 1996. Guidelines for Drinking-Water Quality, 2nd ed. Vol. 2. Health Criteria and Other Supporting Information. Geneva, World Health Organization.

Yalçın, H. ve Gürü, M., 2002. Su Teknolojisi, Palme Yayıncılık, 204, Ankara.

Resmi Gazete, 2012. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Başbakanlık Basımevi, 28483.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Duygu KARAGÜLLÜ 30.10.1986 Sinop doğumludur. Üniversite öncesi eğitimini Sinop'ta tamamladı. 2004 yılında Sinop Anadolu Lisesinden mezun oldu. 2005 yılında Balıkesir Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi'ni kazandı ve 2009 yılında mezun oldu. 2012 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2014-2015 yılı Türkiye Çevre Koruma Vakfı bursiyer öğrencisi olarak tez çalışmasını yürüttü. İyi derecede İngilizce bilmektedir.