

**BORÇKA BARAJI HAVZASINDA SU REJİMİ, SU KALİTESİ VE SEDİMENT
VERİMİNİN SWAT KULLANARAK BELİRLENMESİ VE MODELLENMESİ**

Saim YILDIRIMER

**Doktora Tezi
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman
Doç. Dr. Mehmet ÖZALP**

2018

Artvin

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BORÇKA BARAJI HAVZASINDA SU REJİMİ, SU KALİTESİ VE SEDİMENT
VERİMİNİN SWAT KULLANARAK BELİRLENMESİ VE MODELLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Saim YILDIRIMER

**Danışman
Doç. Dr. Mehmet ÖZALP**

Artvin 2018

TEZ BEYANNAMESİ

Artvin oruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne Doktora Tezi olarak sunduğum “Borçka Barajı Havzasında Su Rejimi, Su Kalitesi ve Sediment Veriminin SWAT Kullanarak Belirlenmesi ve Modellenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Mehmet ÖZALP‘in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda 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. 12/12/2018

Saim YILDIRIMER

T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BORÇKA BARAJI HAVZASINDA SU REJİMİ, SU KALİTESİ VE
SEDİMENT VERİMİNİN SWAT KULLANARAK BELİRLENMESİ VE
MODELLENMESİ**

Saim YILDIRIMER

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13/11/2018

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 12/12/2018

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mehmet ÖZALP

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TÜFEKÇİOĞLU

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Ayla BİLGİN

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Ceyhun GÖL

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Alaaddin YÜKSEL

ONAY:

Bu Doktora Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından .../.../2018 tarihinde oy çokluğu ile uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

.../...../.....

Doç. Dr. Hilal TURGUT

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Borçka Barajı Havzasında Su Rejimi, Su Kalitesi ve Sediment Veriminin SWAT Kullanarak Belirlenmesi ve Modellenmesi” başlıklı bu çalışma, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle, tez konusunun belirlenmesinden sonlandırılmasına kadar her aşamada emeği olan, bilgi ve deneyimini paylaşan, çalışmanın yürütülmesinde önemli katkıları olan, büyük bir özveri ve sabırla tezimin neticelendirilmesini sağlayan değerli Hocam Doç. Dr. Mehmet ÖZALP’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın ilerleyişinde fikir ve eleştirileriyle yön veren tez izleme komitesi üyelerine yapmış oldukları katkılardan dolayı teşekkür ederim. Yine çalışmanın her safhasında yakın ilgi ve önerileriyle yönlendiren, görüş ve yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Bülent TURGUT ve Dr. Öğr. Üyesi Esin ERDOĞAN YÜKSEL’e teşekkürlerimi sunarım.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarında sürekli yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen Orm. Müh. Şenol OSMANAOĞLU ve Orm. Müh. Gözde ÖZAY’a çok teşekkür ediyorum. Arazi çalışmalarım süresince kış aylarında ulaşım konusunda destek sağlayan Artvin, Borçka ve Murgul Orman İşletme Müdürlüğü’ne teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmanın yürütülmesinde maddi katkı sağlayan Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimine teşekkür ederim.

Son olarak, hayatımın neşesi çocuklarım Muhammed Ali ve Yusuf Eymen’e, ilgi ve anlayışıyla her zaman yanımda olan, hakkını ne yapsam ödeyemeyeceğim ve çok şey borçlu olduğum eşim Selnur YILDIRIMER’e sonsuz sevgilerimi sunarım.

Bu çalışmanın, ilgili tüm kesimlere faydalı olmasını temenni ederim.

Saim YILDIRIMER

Artvin - 2018

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEZ BEYANNAMESİ	I
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
TABLolar DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
KISALTMALAR DİZİNİ	XIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Su Kaynakları.....	5
1.1.1. Dünya’da Su Kaynakları	6
1.1.2. Türkiye’de Su Kaynakları	8
1.2. Hidrolojik Döngü	10
1.3. Su Kalitesi Kavramı	11
1.3.1. Su Kalitesi Sınıfları	12
1.3.2. Su Kalitesine Etki Eden Faktörler.....	14
1.3.2.1. Doğal Faktörler	14
1.3.2.2. İnsan Faaliyetlerinin Etkileri.....	16
1.3.3. Su Kalitesi Parametreleri.....	16
1.3.3.1. Fiziksel Parametreler.....	16
1.3.3.1.1. Su Sıcaklığı	16
1.3.3.1.2. pH.....	17
1.3.3.1.3. Elektriksel İletkenlik	17
1.3.3.1.4. Tuzluluk	17
1.3.3.1.5. Toplam Çözünmüş Madde	17
1.3.3.1.6. Çözünmüş Oksijen	18
1.3.3.1.7. Askıda Katı Madde	18
1.3.3.2. Kimyasal Parametreler	19

1.3.3.2.1. Nitrat Azotu (NO ₃ -N).....	19
1.3.3.2.2. Amonyum (NH ₄).....	19
1.3.3.2.3. Sülfat (SO ₄).....	20
1.3.3.2.4. Orto-fosfat (PO ₄ -P).....	20
1.3.3.2.5. Toplam Azot (TN).....	20
1.3.4. Kirletici Kaynaklar.....	21
1.3.4.1. Noktasal Kaynaklar.....	21
1.3.4.2. Yayılı Kaynaklar (Noktasal Olmayan Kaynaklar).....	21
1.3.5. Su Kalitesi Çalışmaları Literatür Özeti.....	22
1.4. Sediment Verimi.....	24
1.5. Hidrolojik Modelleme.....	25
1.5.1. SWAT Modeli.....	26
1.5.2. SWAT Modeli Uygulamaları.....	27
2. MATERYAL ve YÖNTEM.....	31
2.1. Materyal.....	31
2.1.1. Çalışma Alanı.....	31
2.1.2. Alt Havzalar.....	32
2.1.3. Jeolojik Yapı.....	33
2.1.4. Bitki Örtüsü.....	34
2.1.5. İklim Özellikleri.....	35
2.1.6. Sosyo-Demografik Yapı.....	36
2.2. Yöntem.....	37
2.2.1. Arazi Çalışmaları.....	37
2.2.1.1. Örnekleme Noktalarının Belirlenmesi.....	37
2.2.1.1.1. Murgul Deresi Havzası Örnekleme Noktaları.....	38
2.2.1.1.2. Fabrika Deresi Havzası Örnekleme Noktaları.....	42
2.2.1.1.3. Godrahav Deresi Havzası Örnekleme Noktaları.....	42
2.2.1.1.4. Hatila Deresi Havzası Örnekleme Noktaları.....	43
2.2.1.1.5. Borçka Baraj Rezervuarı Örnekleme Noktaları.....	43
2.2.1.2. Su Kalitesi Parametrelerinin Ölçümü.....	44
2.2.1.3. Su Örneklerinin Alınması.....	44
2.2.1.4. Akım Ölçümü.....	44
2.2.1.5. Toprak Örneklerinin Alınması.....	46

2.2.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	48
2.2.2.1. Su Örneklerinin Analizi	48
2.2.2.1.1. Askıda Katı Madde Tayini	48
2.2.2.1.2. Spektrofotometre ile Yapılan Ölçümler	50
2.2.2.2. Toprak Örneklerinin Analizi	51
2.2.3. Uydu Görüntüsü	51
2.2.4. Su Kalitesi Parametrelerinin İstatistiksel Analizi	52
2.2.5. SWAT Modelinin Çalışma Alanına Uygulanması.....	53
2.2.5.1. Veri Dosyalarının Hazırlanması.....	53
2.2.5.1.1. Sayısal Yükseklik Haritası	53
2.2.5.1.2. Drenaj Ağı.....	53
2.2.5.1.3. Toprak Verileri.....	54
2.2.5.1.4. Arazi Kullanım Durumu	54
2.2.5.1.5. Meteorolojik Veriler.....	54
2.2.5.2. Modelin Kurulumu.....	56
2.2.5.2.1. Havza Sınırlarının Belirlenmesi.....	56
2.2.5.2.2. Arazi Kullanım Verisi	57
2.2.5.2.3. Toprak Katmanı Verisi.....	58
2.2.5.2.4. Eğim Katmanı Verisi.....	59
2.2.5.2.5. Hidrolojik Tepki Birimlerinin (HRU) Oluşturulması	60
2.2.5.2.6. SWAT Modelinin Çalıştırılması	61
3. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	62
3.1. Su Kalitesi Parametreleri.....	62
3.1.1. Su Sıcaklığı	63
3.1.2. pH.....	68
3.1.3. Elektriksel İletkenlik	71
3.1.4. Tuzluluk	75
3.1.5. Toplam Çözünmüş Madde (TDS).....	79
3.1.6. Çözünmüş Oksijen (DO).....	83
3.1.7. Askıda Katı Madde	86
3.1.8. Toplam Azot (TN).....	92
3.1.9. Nitrat Azotu (NO ₃ -N).....	96
3.1.10. Amonyum Azotu (NH ₄ -N).....	100

3.1.11. Sülfat (SO ₄)	104
3.1.12. Orto-fosfat (PO ₄ -P)	107
3.2. Su Kalitesi Parametrelerinin Birbirleriyle İlişkisinin Karşılaştırılması (Korelasyon Analizi)	111
3.3. Su Kalitesi Parametreleri Bakımından Alt Havzaların, Örnekleme Zamanlarının ve Örnekleme Noktalarının Karşılaştırılması (Varyans Analizi)	117
3.4. SWAT Modeli Bulguları.....	127
3.4.1. Duyarlılık Analizi.....	127
3.4.2. Kalibrasyon ve Doğrulama	128
3.4.2.1. Dere Akışının Kalibrasyonu ve Doğrulanması	130
3.4.2.2. Sediment ve Su Kalitesi Parametrelerinin Kalibrasyonu ve Doğrulanması	131
3.4.3. Modelin Performans İstatistikleri.....	132
3.4.4. Kalibrasyon ve Doğrulama Çıktıları ve Değerlendirilmesi	134
3.4.4.1. Dere Akışı	134
3.4.4.2. Sediment Verimi	141
3.4.4.3. Su Kalitesi Parametreleri	148
4. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	154
EKLER.....	158
KAYNAKLAR	212
ÖZGEÇMİŞ.....	226

ÖZET

BORÇKA BARAJI HAVZASINDA SU REJİMİ, SU KALİTESİ VE SEDİMENT VERİMİNİN SWAT KULLANARAK BELİRLENMESİ VE MODELLENMESİ

Su kaynaklarının üretiminde hayati role sahip olan ormanlık havzaların özellikle yukarı kısımları, son yıllarda madencilik, taş ocakçılığı, nehir tipi hidroelektrik santral (NT-HES) tesisleri ile yol inşaatları gibi çok sayıda yatırım ve proje nedeniyle bazı olumsuz ekolojik ve çevresel değişimlere uğramaktadır. Bu araştırmanın çalışma alanını oluşturan Borçka Barajı Havzası (BBH) da yukarıda sıralanan müdahalelerin benzerleri ile karşı karşıyadır. Ancak söz konusu bu müdahalelerin BBH üzerinde nasıl etkileri olduğu konusunda yeterli bilimsel araştırma yapılmamıştır. Bu nedenle, BBH rezervuarına ulaşan suyun rejimi ve kalitesi ile sediment miktarının hem yersel ölçümlerle tespit edilmesi hem de SWAT (Soil and Water Assessment Tool) programı ile modellenmesi bu araştırmanın amacını oluşturmaktadır. BBH'ni oluşturan dört alt havzada (Murgul, Hatıla, Fabrika ve Godrahav) belirlenen toplam 43 örnekleme noktasında Temmuz 2016 – Haziran 2017 arasında aylık pH, çözünmüş oksijen (DO), toplam çözünmüş madde (TDS), askıda katı madde (AKM), amonyum azotu (NH₄-N), nitrat azotu (NO₃-N), tuzluluk, iletkenlik, sıcaklık, sülfat (SO₄), fosfat fosforu (PO₄-P) ve toplam azot (TN) değerleri ölçülmüştür. Sonuçlar BBH bünyesindeki suların genel anlamda temiz olduğunu göstermesine rağmen, Murgul ve Fabrika alt havzalarının -özellikle bazı ölçüm noktalarında ve zamanlarında- Godrahav ve Hatıla alt havzalarına nazaran anlamlı seviyede kirli yüzey sularına sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Beklendiği üzere, madencilik faaliyetleri, HES ve yol inşaatları ile ciddi müdahalelere maruz kalan Murgul'a ait yıllık ortalama iletkenlik (227 µs/cm), tuzluluk (0.15 ppt), TDS (209 mg/l), AKM (64 mg/l) ve SO₄ (202 mg/l) değerleri diğer alt havzalardaki yüzey sularından istatistiksel olarak yüksek çıkmıştır. Bunun yanında, 0.85 ile 0.91 arasında değişen yüksek R² değerleri ile SWAT modelinin de su rejimi ve kalitesi ile sediment verimi değerlerini güvenilir bir şekilde tahmin ettiği ortaya koymuştur. Ayrıca, sediment verimi hesaplamaları göstermiştir ki ortalama 61855 ton/yıl ile Murgul diğer alt havzalara oranla istatistiksel olarak rezervuara daha fazla miktarda sediment taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Su Kalitesi, Su Rejimi, Sediment Verimi, SWAT, Havza.

SUMMARY

USING SWAT TO DETERMINE AND MODEL WATER REGIME, WATER QUALITY AND SEDIMENT YIELD IN THE WATERSHED OF BORCKA DAM

The upper sections of forest watersheds, playing crucial role in producing water resources, have been undergoing some negative ecologic and environmental changes lately due to many investments and projects including mining, quarrying, run-of-river type hydroelectric plants and road constructions. The study area of this research, Borcka Dam Watershed (BDW), has also been facing similar disturbances listed above. However, there is not sufficient scientific research made on how these mentioned interferences having impacts upon BDW. Therefore, determining regime and quality of water and sediment amount reaching to the reservoir of BDW both with field measurements and by modelling them with SWAT (Soil and Water Assessment Tool) program constitutes the aim of this thesis. Values of pH, dissolved oxygen (DO), total dissolved solids (TDS), total suspended sediment (TSS), ammonium nitrogen (NH₄-N), nitrate nitrogen (NO₃-N), salinity, conductivity, temperature, sulphate (SO₄), orthophosphate as phosphorus (PO₄-P) and total nitrogen (TN) were measured monthly from July 2016 to June 2017 in the total of 43 sampling points determined within the four sub-watersheds (Murgul, Hatila, Fabrika and Godrahav) of BDW. Although results showing that waters throughout BDW were generally clear, it was revealed that Murgul and Fabrika sub-watersheds had significantly more polluted surface waters especially in some sampling points compared to Hatila and Godrahav sub-watersheds. The annual averaged values of conductivity (227 μ s/cm), salinity (0.15 ppt), TDS (209 mg/l), TSS (64 mg/l) and SO₄ (202 mg/l) were statistically higher in Murgul sub-watershed, as expected, than the others as it exposed to serious interferences such as mining, run-of-river type hydroelectric plants and road constructions. In addition, it was revealed that the SWAT model with high R² rates ranging from 0.85 to 0.91 could predict the values of water regime and quality as well as sediment yield confidently. Moreover, the estimation of sediment yield demonstrated that with a mean of 61855 t/yr, Murgul carries significantly higher sediment than the other sub-watersheds into the reservoir.

KeyWords: Water quality, Water regime, Sediment yield, SWAT, Watershed.

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Havzalara Göre Yıllık Ortalama Yüzey Suyu Potansiyeli (DSİ, 2015)	9
Tablo 2. Su Kalitesi Sınıfları (YSKY, 2015)	12
Tablo 3. Kıta İçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (YSKY, 2015).....	13
Tablo 4. Murgul Deresi Havzası Örnekleme Noktaları	40
Tablo 5. Fabrika Deresi Havzası Örnekleme Noktaları	42
Tablo 6. Godrahav Deresi Havzası Örnekleme Noktaları	42
Tablo 7. Hatıla Deresi Havzası Örnekleme Noktaları	43
Tablo 8. Borçka Baraj Rezervuarı Örnekleme Noktaları.....	43
Tablo 9. Spektrofotometrede kullanılan test kitleri	50
Tablo 10. Çalışma alanının uydu görüntüsüne göre sınıflandırılmış arazi kullanım şekilleri ve alansal dağılımları.....	54
Tablo 11. Artvin 17045 istasyonuna ait meteorolojik verilerin istatistiksel değerleri	55
Tablo 12. SYM özellikleri.....	56
Tablo 13. Arazi kullanım sınıfları ve eşleştirildiği SWAT kodları.....	58
Tablo 14. Eğim sınıflarının kapladığı alanlar	60
Tablo 15. Çalışma alanına ait su sıcaklık değerlerinin en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri.....	63
Tablo 16. Ölçüm noktalarındaki pH değerlerinin en düşük, en yüksek ve ortalaması	68
Tablo 17. Ölçüm noktalarında tespit edilen elektriksel iletkenliğin en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri.....	71
Tablo 18. Ölçüm noktalarındaki tuzluluğun en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri	75
Tablo 19. Ölçüm noktalarındaki en düşük, en yüksek ve ortalama TDS değerleri	79
Tablo 20. Ölçüm noktalarındaki en düşük, en yüksek ve ortalama çözünmüş oksijen (DO) değerleri	83
Tablo 21. Ölçüm noktalarındaki en düşük, en yüksek ve ortalama askıda katı madde (AKM) değerleri	86

Tablo 22. Ölçüm noktalarındaki en düşük, en yüksek ve ortalama toplam azot (TN) değerleri	92
Tablo 23. Ölçüm noktalarındaki en düşük, en yüksek ve ortalama nitrat azotu (NO ₃ -N) değerleri	96
Tablo 24. Ölçüm noktalarındaki en düşük, en yüksek ve ortalama amonyum azotu (NH ₄ -N) değerleri	100
Tablo 24. Ölçüm noktalarındaki en düşük, en yüksek ve ortalama sülfat (SO ₄) değerleri	104
Tablo 26. Ölçüm noktalarındaki en düşük, en yüksek ve ortalama orto-fosfat (PO ₄ -P) değerleri	107
Tablo 27. Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarındaki su kalitesi parametrelerinin korelasyon analizi.....	115
Tablo 28. Hatila Deresi Havzası örnekleme noktalarındaki su kalitesi parametrelerinin korelasyon analizi.....	115
Tablo 29. Fabrika Deresi Havzası örnekleme noktalarındaki su kalitesi parametrelerinin korelasyon analizi.....	116
Tablo 30. Godrahav Deresi Havzası örnekleme noktalarındaki su kalitesi parametrelerinin korelasyon analizi.....	116
Tablo 31. Yüzeysel akış için kalibre edilen parametreler ve değer aralıkları	130
Tablo 32. Sedimentin kalibrasyonunda kullanılan parametreler ve değer aralıkları.....	131
Tablo 33. Su kalitesinin kalibrasyonunda kullanılan parametreler ve değer aralıkları.....	132
Tablo 34. Model istatistikleri için performans değerlendirme ölçütleri (Moriasi ve ark., 2007)	132
Tablo 35. Dere akışı parametresine ait kalibrasyon ve doğrulama çıktılarının performans istatistikleri	136
Tablo 36. SWAT modeline göre tahmin edilen yıllık ortalama yüzeysel akış miktarı.....	136
Tablo 37. Sediment verimi kalibrasyon ve doğrulama çıktılarının performans istatistikleri	143
Tablo 38. SWAT modeli simülasyonuna göre tahmin edilen yıllık sedimet verimi.....	143
Tablo 39. Su kalitesi parametrelerinin kalibrasyon ve doğrulama çıktılarının performans istatistikleri	149
Tablo 40. SWAT modeli simülasyonuna göre tahmin edilen yıllık NO ₃ verimi	149

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Dünyadaki Su Dağılımı (USGS, 2016a).....	6
Şekil 2. Ülkelerin Kişi Başına Yıllık Yenilenebilir Su Kaynakları (FAO, 2016).....	7
Şekil 3. Türkiye'nin Havza Haritası (DSİ, 2015)	9
Şekil 4. Su Döngüsü (USGS, 2016b).....	11
Şekil 5. SWAT modelinin gelişimi (Gassman ve ark., 2007).....	26
Şekil 6. Çalışma alanının genel konumu ve yükseklik grupları haritası	31
Şekil 7. Çalışma alanından bazı görüntüler (Foto: Saim YILDIRIMER).....	32
Şekil 8. Çalışma alanı alt havzaları	33
Şekil 9. Çalışma alanı anakaya haritası (MTA, 2002)	34
Şekil 10. Örnekleme noktaları	38
Şekil 11. Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarından görüntüler (Foto: Saim YILDIRIMER)	41
Şekil 12. Su numunesi alınması (Foto: Şenol Osmanağlu).....	44
Şekil 13. Deredeki su akım hızının ve en kesitinin ölçülmesi (Foto: Şenol Osmanağlu).....	45
Şekil 14. Akarsu enkesitinde ortalama akım hızının ölçülmesi	46
Şekil 15. Çalışma alanından alınan toprak örnekleme noktaları.....	47
Şekil 16. AKM miktarının ölçülmesi (Foto: Saim YILDIRIMER).....	49
Şekil 17. Hach Lange küvet testleri ile spektrofotometrede ölçüm yapılması (Foto: Saim YILDIRIMER)	50
Şekil 18. Çalışma alanına ait SPOT 7 uydu görüntüsü	52
Şekil 24. SYM haritasının SWAT modeline yüklenmesi ve alt havzaların belirlenmesi	56
Şekil 20. Çalışma alanı arazi kullanım durumu	57
Şekil 21. Kil içeriğine göre sınıflandırılan toprak katmanı.....	59
Şekil 22. Borçka Barajı Havzası eğim grupları haritası.....	60
Şekil 23. SWAT modelinin çalışmaya hazırlanması.....	61
Şekil 24. Örnek grafik gösterim tasarımı	62
Şekil 25. Örnekleme noktalarına ait alt havzalara göre aylık sıcaklık değerleri.....	67
Şekil 26. Örnekleme noktalarına ait alt havzalara göre aylık pH değerleri	70

Şekil 27. Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarının yıllık ortalama iletkenlik değerleri.....	72
Şekil 28.Örnekleme noktalarına ait alt havzalara göre aylık iletkenlik değerleri	74
Şekil 29. Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarının yıllık ortalama tuzluluk değerleri.....	76
Şekil 30. Örnekleme noktalarına ait alt havzalara göre aylık tuzluluk değerleri	78
Şekil 31. Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarının yıllık ortalama TDS değerleri	80
Şekil 32. Örnekleme noktalarına ait alt havzalara göre aylık toplam çözünmüş madde (TDS) değerleri	82
Şekil 33. Örnekleme noktalarına ait alt havzalara göre aylık çözünmüş oksijen (DO) değerleri	85
Şekil 34. Çalışma alanı örnekleme noktalarının yıllık ortalama AKM değerleri	88
Şekil 35. Örnekleme noktalarına ait alt havzalara göre aylık askıda katı madde (AKM) değerleri	91
Şekil 36. Örnekleme noktalarına ait alt havzalara göre aylık toplam azot (TN) değerleri	95
Şekil 37. Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarının yıllık ortalama nitrat azotu (NO ₃ -N) değerleri	97
Şekil 38. Örnekleme noktalarına ait alt havzalara göre aylık nitrat azotu (NO ₃ -N) değerleri.....	99
Şekil 39. Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarının yıllık ortalama amonyum azotu (NH ₄ -N) değerleri	101
Şekil 40.Örnekleme noktalarına ait alt havzalara göre aylık amonyum azotu (NH ₄ -N) değerleri	103
Şekil 41. Örnekleme noktalarına ait alt havzalara göre aylık sülfat (SO ₄) değerleri	106
Şekil 42. Örnekleme noktalarına ait alt havzalara göre aylık orto-fosfat (PO ₄ -P) değerleri	110
Şekil 43. Su sıcaklığının zamana bağlı varyans analizi	117
Şekil 44. pH bakımından havzalara göre varyans analizi	118
Şekil 45. pH bakımından zamana bağlı varyans analizi	118
Şekil 46. Elektriksel iletkenliğin havzalara bağlı varyans analizi	119
Şekil 47. Elektriksel iletkenliğin zamana göre varyans analizi.....	119
Şekil 48. Tuzluluğun havzalara göre varyans analizi.....	120
Şekil 49. Tuzluluğun zamana göre varyans analizi.....	120
Şekil 50. Toplam çözünmüş madde miktarının havzalara göre varyans analizi	121
Şekil 51. Toplam çözünmüş madde miktarının zamana göre varyans analizi	121

Şekil 52. Çözünmüş oksijen bakımından zamana bağlı varyans analizi.....	122
Şekil 53. Askıda katı madde miktarı bakımından havzalara göre varyans analizi...	123
Şekil 54. Nitrat azotunun zamana bağlı varyans analizi	124
Şekil 55. Amonyum azotunun havzalara bağlı varyans analizi	125
Şekil 56. Amonyum azotunun zamana bağlı varyans analizi	125
Şekil 57. SWAT-CUP programı akış şeması (Abbaspour, 2015).....	128
Şekil 58. SWAT çıktıları ile SUFI-2 algoritmasının şematik gösterimi (Abbaspour, 2015).....	129
Şekil 59. Murgul Deresi Havzası dere akışının ölçüm ve simülasyon değerleri	137
Şekil 60. Hatila Deresi Havzası dere akışının ölçüm ve simülasyon değerleri.....	138
Şekil 61. Fabrika Deresi Havzası dere akışının ölçüm ve simülasyon değerleri	139
Şekil 62. Godrahav Deresi Havzası dere akışının ölçüm ve simülasyon değerleri	140
Şekil 63. Murgul Deresi Havzası sediment veriminin ölçüm ve simülasyon değerleri	144
Şekil 64. Hatila Deresi Havzası sediment veriminin ölçüm ve simülasyon değerleri	145
Şekil 65. Fabrika Deresi Havzası sediment veriminin ölçüm ve simülasyon değerleri	146
Şekil 66. Godrahav Deresi Havzası sediment veriminin ölçüm ve simülasyon değerleri	147
Şekil 67. Murgul Deresi Havzası NO ₃ yükünün ölçüm ve simülasyon değerleri....	150
Şekil 68. Hatila Deresi Havzası NO ₃ yükünün ölçüm ve simülasyon değerleri	151
Şekil 69. Fabrika Deresi Havzası NO ₃ yükünün ölçüm ve simülasyon değerleri....	152
Şekil 70. Godrahav Deresi Havzası NO ₃ yükünün ölçüm ve simülasyon değerleri	153

KISALTMALAR DİZİNİ

AKM	Askıda katı madde
BBH	Borçka Barajı Havzası
BBR	Borçka Barajı Rezervuarı
°C	Santigrat derece
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
DSİ	Devlet Su İşleri
FDH	Fabrika Deresi Havzası
GDH	Godrahav Deresi Havzası
GPS	Global Positioning System (Küresel Konum Belirleme Sistemi)
HDH	Hatila Deresi Havzası
L	Litre
m	Metre
MDH	Murgul Deresi Havzası
mg/l	Bir litredeki miligram
NH ₄ -N	Amonyum azotu
NO ₃ -N	Nitrat azotu
NT-HES	Nehir Tipi Hidroelektrik Santrali
pH	H iyonu derişiminin 10 tabanında (-) logaritması
PO ₄ -P	Fosfat fosforu
ppm	Toplam madde miktarının milyonda birlik kısmı
ppt	Toplam madde miktarının binde birlik kısmı
SO ₄	Sülfat
SWAT	Soil and Water Assesment Tool
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
TDS	Toplam Çözünmüş Madde
TN	Toplam azot
µg/l	Bir litredeki mikrogram

1. GİRİŞ

Su, yaşamın devam edebilmesi için vazgeçilmez bir gereksinim ve alternatifi bulunmayan doğal bir kaynaktır. Canlıların birbiriyle etkileşim içerisinde bulunduğu ekosistemin en temel parçalarından biri sudur ve dolayısı ile ekosistemin sürdürülebilirliği önemli oranda suya bağlıdır. Su, insan yaşamının temel ihtiyaçlarını karşılamasının yanı sıra tarım, enerji üretimi, sanayii, ulaşım gibi toplumsal ve ekonomik gelişmelerin de kaynağıdır (WWAP, 2015). Bu nedendir ki tarih boyunca medeniyetler su kıyılarında veya yakın bölgelerde kurulmuş ve gelişmişlerdir. Dünya nüfusunun artışı ve buna bağlı olarak ortaya çıkan kentleşme, içme-kullanma suyu talebi, sanayide ve tarımdaki gelişimler suya olan ihtiyacın devamlı olarak artmasına neden olmaktadır. Bu gelişmelerin beraberinde getirdiği çevre kirliliği sorunları da suyun niceliğinin (miktarının) yanında niteliğinin (kalitesinin) de korunması gerektiğini ortaya çıkarmıştır.

Dünyanın büyük bir bölümü sularla kaplı olmasına rağmen kullanılabilir su miktarı oldukça azdır (Şahin, 2016). Su dağılımı ise dünyanın her yerinde eşit olmayıp bölgelere göre farklılık göstermektedir (USGS, 2016a). Bu nedenle temiz ve yeterli seviyede tatlı su kaynağına ulaşma, dünyanın değişen koşullarına ve özellikle de artmakta olan nüfusuna bağlı olarak önemi sürekli artan ve dolayısı ile güncelliğini kaybetmeyen bir sorun olarak insanoğlunun karşısındadır. Öte yandan, son yıllarda tüm doğal kaynaklar gibi tatlı su kaynakları üzerinde de ciddi etkileri olduğu/olacağı düşünülen iklim değişikliği olgusu da göz önünde bulundurulduğunda (Ertürk, 2012) sorunun boyutunun yakın gelecekte daha da artacağı açıktır.

Dünya üzerindeki sabit su arzına rağmen suya olan talep giderek artmakta ve su kıtlığı olarak dünyanın birçok bölgesinde etkisini göstermektedir (Barlow, 2009). Örneğin, ülkemizde 10 yıl öncesine kadar 3000 m³ üzerinde olan kişi başına kullanılabilir su miktarının son yıllarda 1400 m³ civarlarına kadar düştüğü artık devlet kurumları tarafından da kabul edilmektedir (KB, 2014). Yapılan projeksiyonlarda, su kaynaklarının korunması ve yönetimi konusunda yeterli önlem alınmadığı ve iyileştirme yöntemleri uygulanmadığı takdirde ülkemizin orta vadede su kıtlığı çeken

bir ülke durumuna gelmesinin kaçınılmaz olacağı tahmin edilmektedir (OSİB, 2012; KB, 2014).

Su kaynaklarının yeterli miktarda sağlanmasının yanında suyun kalitesinin de bazı ölçütler çerçevesinde yüksek seviyede bulunması gerekmektedir. Bu açıdan bakıldığında, su kaynaklarını tehdit eden ve kullanılabilirliğini kısıtlayan faktörlerden biri de su kirliliğidir (Haddeland ve ark., 2014). Su kirliliği insan müdahalesi ile ortaya çıkan, su kaynaklarının kullanımını kısıtlayan veya engelleyen ve ekonomik olumsuzluklar ortaya çıkaran bir kalite değişimidir (Şengün, 2013). Su kirliliğine neden olan unsurlar arasında hızlı nüfus artışına paralel olarak sanayileşme ve kontrolsüz şehirleşmenin neden olduğu noktasal kirletici kaynaklar ile tarım uygulamalarında kullanılan zirai ilaç ve gübreler ile bazı besin maddeleri ve sedimentin neden olduğu dağınık kirlilik kaynakları ilk akla gelenlerdir. Kullanılabilir miktar açısından kısıtlı olan su kaynaklarımızın kirlenmesi, kullanılabilirlik durumunu daha da kısıtlı hale getirmektedir. Bu nedenle su kaynaklarının belirlenmesi, korunması ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi oldukça önem kazanmıştır (Harmancıoğlu ve ark., 2002; OSİB, 2012).

Devamlı ve temiz su üretimini sağlayan ana unsurlar arasında orman, mera ve yüksek dağ ekosistemleri en başta gelmektedir. Ancak su, hava ve toprak gibi çevresel kaynaklar bütününe bir parçasıdır. Bu kaynaklar sürekli birbirleriyle etkileşim halindedir. Bu kaynaklardan birine yapılan müdahale diğer bağlantılı olduğu tüm kaynakları da etkileyecektir. Bu kapsamda su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir yönetimi ve geliştirilmesi için diğer kaynaklarla olan ilişkileri de dikkate alınmalıdır. Bu sebeple ki, su kaynaklarımızın havza bazında sürdürülebilir bir su yönetimi felsefesi ve yaklaşımı ile ve diğer çevresel kaynaklarla birlikte yönetilmesi zorunlu hale gelmektedir (Aladağ ve ark., 2008; Hızal ve ark., 2008).

Ormanlık havzaların su kalitesi, miktarı ve rejimi üzerine birçok olumlu etkileri vardır. Hidrolojik bir fonksiyon görevi yapan ormanlık havzalar, taban suyu, akarsu, tatlı su gölü ve barajlardaki suların temiz tutulmasını, su kaynaklarının sürekli ve düzenli olmasını sağlarlar. Aynı zamanda enerji ihtiyacının yanı sıra barajlar da su toplamak ve istenildiği zaman yeterli ve kaliteli su sağlamak amacıyla kullanılmalarından dolayı oldukça önemli bir yer teşkil etmektedirler (Yüksel ve ark., 2011). Buradan yola

çıkarak barajların su kalitesi ve buna etki eden etmenler bakımından içinde yer aldığı havzaların değerlendirilmesi ve doğal kaynak kullanımının sürekli yararlanılabilir durumda tutacak önlemlerin alınması oldukça önemlidir (Erol, 2006). Bu bakımdan baraj havzalarındaki doğal kaynaklar, su üretimi ve kalitesini yüksek düzeyde tutmak ve sedimantasyon problemini en aza indirmek için havza yönetimi ilkelerine göre plânlanmalıdır (Balcı, 1996). Bunlara ilaveten, su kaynaklarının hem miktar hem de kalite açısından sürdürülebilirliği hidrolojik döngüyü sağlayan hidrolojik bileşenlere de (yağış, yüzeysel akış, yer altı suyu, evapotranspirasyon vb.) bağlıdır. Havza bazında hidrolojik döngü, suyun buhar halinde yağmura, yağmurdan yer yüzeyine düşerek yer altına sızması veya yüzey akışı ile göller ve rezervuarlarda birikmesi, evaporasyon ve transpirasyon ile tekrar su buharına dönüşmesiyle gerçekleşir.

Son yıllarda, su kaynaklarının planlanması ve yönetilmesinde Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) büyük rol oynamaktadır. Bu sayede hidrolojik süreç, iklimsel faktörler ve havza karakteristiklerine ait parametreler sayısallaştırılarak başta yüzey akışı olmak üzere, tarımsal havzalardan besin taşınımı, sediment verimi gibi hidrolojik bileşenleri tahmin etmek için CBS teknolojileri ile çok sayıda fiziksel tabanlı bilgisayar simülasyon modelleri geliştirilmiştir (Gölpınar, 2017). Modellemeler, teknolojinin hızla geliştiği günümüzde yüksek hızlı bilgisayarlar sayesinde, gelişmiş cihazlar yardımıyla elde edilen daha iyi ölçümler ile elde edilmiş daha çok veriyi kullanarak gerçeğe yakın simülasyonlar yapabilmektedirler (Cüceloğlu, 2013). Bu modeller içinde dünya genelinde en yoğun olarak tercih edilenler arasında WEPP, AGNPS, PESTFADE, WEAP, MIKE SHE, HSPF ve SWAT örnekleri verilebilir (Yuksel ve ark., 2008; Cüceloğlu, 2013; Song ve ark., 2015; Pandey ve ark., 2016).

Hidrolojik modellemelerden biri olan ve bu çalışmada kullanılan SWAT (Soil and Water Assesment Tool) modelinin farklı ölçeklerde ve farklı çevresel koşullardaki uygulamalarıyla su kaynaklarının ve yayılı kirleticilerin değerlendirilmesinde verimli bir yöntem olduğu bilimsel literatürde yer alan birçok kaynakta belirtilmektedir (Güzel, 2010; Ezz-Aldeen ve ark., 2013; Güngör ve Göncü, 2013). SWAT programı havza yönetiminde su, sediment ve kirletici kaynakların etkilerini verimli bir biçimde ortaya koyan ve bu etkileri ileriye yönelik modelleyebilen hidroloji ve su kalitesi modelidir. SWAT model, meteorolojik verileri, yüzeysel akışı, perkolasyonu,

evapotranspirasyonu, göl ve rezervuar depolamasını, tarımın ve bitkilerin su ihtiyacını ve yeraltı akışı gibi birçok parametreyi hesaplayarak hidrolojik süreçleri modelleyebilmektedir (Neitsch ve ark., 2011). SWAT, gelişmiş bir model olup CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) yazılımları ile uyumludur. Model, günlük veya daha uzun süreli simülasyonlar yapabilmektedir. SWAT programına modellenecek havzaya ait meteorolojik, topoğrafya, meşcere yapısı ve türü, toprak yapısı, arazi kullanımı ve kirlenici kaynaklar gibi veriler girilerek simülasyon yapılan zaman dilimine ait hidrolojik süreç bilgileri daha hassas bir şekilde elde edilebilmektedir (Winchell ve ark., 2010).

Bu tez çalışmasının ana amaçları arasında;

- proje alanı olarak belirlenen Borçka Barajı Havzası'nın (BBH) toplam %78'lik önemli bir kısmını oluşturan ve farklı arazi kullanımlarına sahip 4 alt havzada üretilen suyun akış rejimini, kalitesini ve taşıdığı sediment miktarını öncelikle yersel ölçümler ile ortaya koymak,
- sonrasında ise elde edilen bu veriler yardımıyla hidrolojik bir model olan SWAT (Soil and Water Assesment Tool) programını kullanarak BBH'ndaki genel yağış rejimi ve buna bağlı olarak oluşan yüzeysel akış ve sonucunda oluşan su kalitesi, su rejimi ve sediment veriminin uzun dönemli modellenmesine altlık oluşturmak,
- Oluşturulacak model yardımıyla rezervuara ulaşan sediment miktarı ve bu konudaki sorunlu alanların da modellenmesi de yapılabilmektedir. Böylece, araştırma sahamız olan Borçka Barajı Havzasının bu açıdan da değerlendirilmesi de yine bu çalışmanın amaçlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sayede rezervuarın depolama kapasitesini korumaya yönelik tedbirlerin ortaya konulmasında bir altlık oluşturulacaktır.

Bu amaçlar doğrultusunda çalışma alanındaki alt havzalarda gelecekte oluşabilecek farklı müdahaleler sonucunda meydana gelebilecek yeni/farklı senaryoların özellikle bu havzaların su rejimi ve kalitesi ile sediment verimi açısından ne tür değişimlere uğrayabileceğinin ön görülmesinde kullanılacak bir altyapı oluşturulacaktır.

Çalışma sonucunda, Borçka Barajı Havzası'na ait bazı hidrolojik süreçler (yağış, yüzeysel akış, debi, vb.) ile bu süreçlere yakından bağlı olan toprak erozyonu, sediment verimi ve su kalitesi gibi değişimleri içeren bütüncül bir hidrolojik model SWAT programı yardımı ile ortaya konmuş olacaktır. Böylece, BBH için sürdürülebilir ve entegre bir havza yönetiminin uygulanması çerçevesinde atılması gereken adımlara öncülük edilecektir.

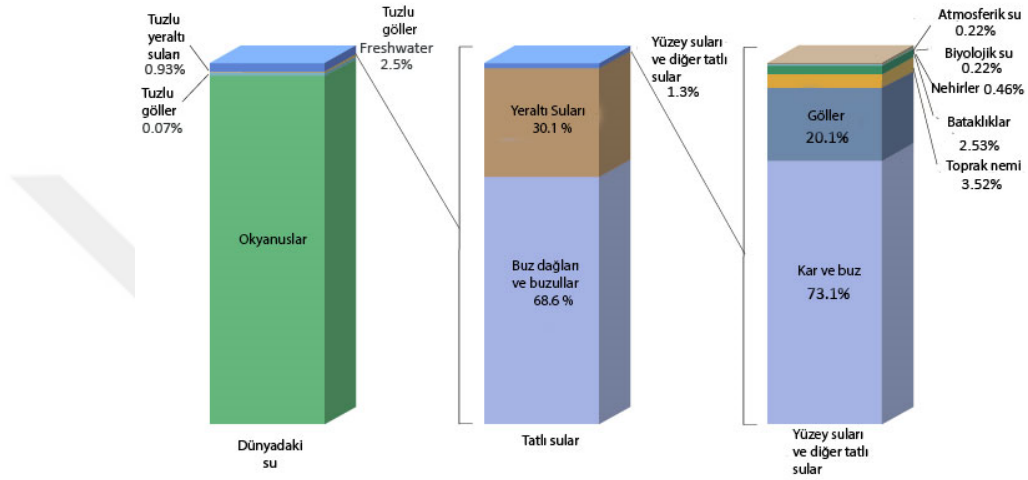
1.1. Su Kaynakları

Su, canlılar için bir yaşam ortamıdır. Tüm canlı yaşamı için büyük önem taşıması nedeni ile değerli ve aynı zamanda kısıtlı bir kaynaktır. Yeryüzünün 3/4'ünün sularla kaplı olmasına rağmen içilebilir nitelikteki su oranı ancak %0.74 civarındadır (USGS, 2016a). Bu nedenle temiz ve yeterli miktarda tatlı su kaynağına ulaşmak, topoğrafik şartlara ve özellikle de giderek artmakta olan nüfusa bağlı olarak önemi sürekli artmaktadır. Tarihte en eski kabilelerden günümüze kadar çok değerli kabul edilen bu kaynağı elde etmek, korumak ve kaynağını tehlikeye atmadan yeterli miktarda sağlamak güncelliğini kaybetmeyen bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Alternatifi bulunmayan ve zaten kısıtlı bulunan tatlı su kaynakları son yüzyılda sanayii devriminin ve teknolojinin gelişmesi ile birlikte daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Suyun bu ilerleyişteki rolü en önde yer almaktadır. Çünkü su, temel insani ihtiyaçların karşılanmasının yanı sıra tarım, enerji üretimi, endüstri, ulaşım ve turizmin de kaynağıdır. Birçok ülke gelişmişlik seviyesine kendi su kaynaklarından en iyi faydayı sağlayarak ulaşmışlardır (Türkyılmaz, 2010; Muluk ve ark., 2013). Ancak nüfus artışı, göç ve şehirleşmenin artması ile birlikte su tüketimi de artmaktadır. Öte yandan da gelişmeye bağlı sürekli ve aşırı kullanılan çevresel kaynaklardan aynı zamanda su kaynaklarının sağlanması nedeni ile su kullanımı kısıtlanmaya başlanmıştır (Muslu, 2015). Bütün bunlara birde tatlı su kaynakları üzerinde ciddi etkileri olacağı düşünülen iklim değişikliği olgusu da göz önünde bulundurulduğunda sorunun boyutunun yakın gelecekte daha da artacağı açıktır (Kılıç, 2008; Karaman ve Gökalp, 2010; Yüksel ve ark., 2011; Ertürk, 2012; Haddeland ve ark., 2014).

1.1.1. Dünya’da Su Kaynakları

Dünyadaki toplam 1.4 milyar km³ olan su miktarının %97.5’i tuzlu su olarak okyanuslarda ve denizlerde, %2.5’i tatlı su olarak buzullarda, yeraltında, nehir ve göllerde bulunmaktadır (Şekil 1). %2.5 olan tatlı su kaynaklarının da %68.6’sı buzullarda, %30.1’i yer altında ve geriye kalan %1.3’lük kısmı ise yerüstü suları olarak akarsularda, göllerde ve atmosferde bulunmaktadır (WWAP, 2015; USGS, 2016a).

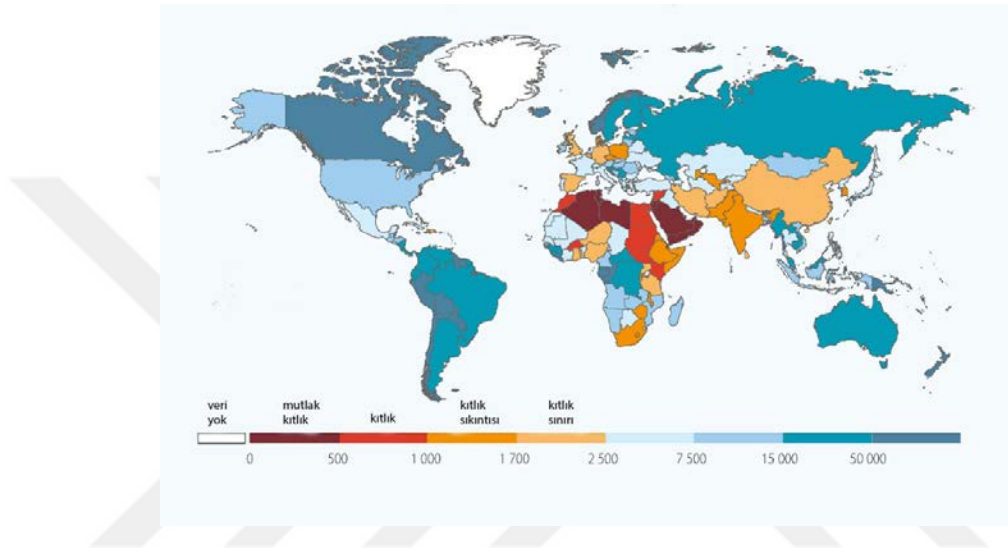


Şekil 1. Dünyadaki Su Dağılımı (USGS, 2016a)

Dünyadaki kullanılabilir tatlı su kaynaklarına baktığımızda toplam su miktarına oranla çok küçük olduğunu görmekteyiz (Şekil 1). Aynı zamanda yeryüzündeki su kaynaklarının ve nüfusun kıtalara göre dağılımına baktığımızda aynı oranlarda olmadığını görürüz. Nüfusun en fazla olduğu Asya kıtası toplam dünya nüfusunun %60’ını oluştururken toplam tatlı su kaynaklarının ise ancak %36’sı payına düşmektedir. Buna karşılık, Kuzey ve Güney Amerika dünya nüfusunun %14’ünü barındırırken tatlı su kaynaklarının ise %41’ine sahiptir.

Avrupa ve Afrika’nın her birisi dünya nüfusunun yaklaşık %14’üne sahip iken dünyadaki su kaynaklarının sırasıyla %8 ve %11 kadarına sahiptirler. Avustralya ve adaların ise dünya nüfusuna oranı %1 ve su kaynaklarındaki payı da %5’tir. Bu tablodan da anlaşılmaktadır ki dünyadaki su kaynakları da nüfus oranlarıyla doğru orantılı olmayacak şekilde bir dağılım göstermektedir (Oki ve Kanae, 2006; DPT, 2007; Türkyılmaz, 2010). Su kaynaklarının çok ve nüfus yoğunluğunun az olduğu ülkeler su zengini konumunda olurken, su kıtlığı çeken ve nüfus yoğunluğuna sahip

olan ülkeler su fakirliğine doğru gitmektedir. Ülkelerin su varlığının belirlenmesi ve sınıflandırmasında birçok kriter bulunmaktadır. En genel kriter kullanılarak yapılan sınıflandırmaya göre; yılda kişi başına düşen ortalama kullanılabilir su miktarı (Şekil 2) 1000 m³'ten az olan ülkeler “su fakiri”, 2000 m³'den az olan ülkeler “su azlığı”, 8000-10000 m³'ten fazla olan ülkeler ise “su zengini” olarak kabul edilmektedir (DPT, 2007; DSİ, 2015).



Şekil 2. Ülkelerin Kişi Başına Yıllık Yenilenebilir Su Kaynakları (FAO, 2016)

Su kaynaklarının miktarının değişmiyor olmasına karşılık son 50 yılda nüfusa ve gelişmelere bağlı olarak su tüketimi üç katına çıkmıştır (WWAP, 2015). Su, yenilenebilir doğal bir kaynaktır, ancak son yıllarda tüketimi yenilenebilir miktarın üzerindedir. Bu şekilde devam ettiğinde yakın gelecekte su kıtlığının en önemli sorunlardan biri olacağı öngörülmektedir. Dünyada kişi başına su tüketimi yılda ortalama 800 m³ civarındadır. Toplam dünya nüfusunun yaklaşık %20'sine karşılık gelen 1.4 milyar insan yeterli içme suyuna erişememektedir. Bazı tahminlere göre 3 milyardan fazla insanın 2025 yılında su kıtlığına maruz kalacağı öngörülmektedir. 2050 yılına gelindiğinde de 9 milyarın üzerinde olması beklenen dünya nüfusunun yaklaşık %40'ının su sıkıntısı çekeceği tahmin edilmektedir (WRG, 2009; WWAP, 2015).

1.1.2. Türkiye’de Su Kaynakları

Türkiye'nin yağış miktarı yılda ortalama 643 mm olup bu oran yıllık ortalama 501 km³ suya karşılık gelmektedir. Bu suyun 274 km³'lük kısmı buharlaşma yoluyla atmosfere geri dönerken, 69 km³'lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 km³ kısmı ise akışa geçerek denizlere ve kapalı havzalardaki göllere ulaşmaktadır (DSİ, 2015).

Ayrıca sınıraşan akarsular ile komşu ülkelerden ülkemize gelen 7 km³ su ile birlikte Türkiye'nin brüt su potansiyeli 193 km³ olmaktadır. Akiferleri besleyen 41 km³ su miktarı da eklenirse Türkiye'nin toplam yenilenebilir su kaynakları potansiyeli 234 km³ olmaktadır. Tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli ortalama yıllık toplam 112 km³ olup, 44 km³'ü kullanılabilir (KB, 2014; DSİ, 2015).

Türkiye su zengini bir ülke değil, su sıkıntısı yaşayabilecek ülkeler arasında yer almaktadır. Kişi başına düşen 1.519 m³'lük su miktarı ile “su sıkıntısı çeken” bir ülke konumundadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Türkiye nüfusunun 2030 yılında 100 milyona ulaşacağını öngörmektedir. Bu durumda, kişi başına düşen su miktarının yıllık 1.120 m³ olması beklenmektedir. Başka bir deyişle, artan nüfusu, gelişen ekonomisi ve büyüyen kentleriyle Türkiye, “su fakiri” olma yolunda ilerlemektedir. (Uyduranoğlu ve Aksoy, 2014; DSİ, 2015). Ülkemizdeki mevcut nüfus artış hızı ve su kaynakları tüketim alışkanlıklarındaki değişim faktörleri gibi değişkenler ile su kaynaklarının gelecek 20 yıllık projeksiyondaki tahminleri yapılabilmektedir. Ancak tahmin edilen değerler ancak mevcut kaynakların 20 yıl sonrasına hiç tahrip edilmeden aktarılması durumunda söz konusu olabilecektir. Bu nedenle ülkemizin gelecek kuşaklara yeteri miktar ve kalitede su bırakabilmesi için su kaynaklarını çok iyi koruyup, sürdürülebilir bir şekilde kullanması gerekmektedir. (DSİ, 2015)

Ülkemiz topoğrafik yapısına bağlı olarak 25 hidrolojik su havzasına ayrılmıştır. Bu havzaların toplam yıllık ortalama akışları 186 km³'tür. Su havzalarının her birinde yıllık yağış miktarı farklılık göstermektedir. Bu nedenle her havzanın su potansiyeli de farklıdır. Ülkemizin hidrolojik birim olarak 25 ana havzası (Şekil 3) ve bunların yıllık su verimleri Tablo 1’de gösterilmiştir (Akın ve Akın, 2007; DSİ, 2015).



Şekil 3. Türkiye'nin Havza Haritası (DSİ, 2015)

Havzaların su verimi ile nüfus değerleri arasındaki farklılık dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de görülmektedir. Örneğin, toplam ülke nüfusunun %28'inin yaşadığı Marmara Havzası toplam su üretiminde %4.5'lik paya sahiptir. Benzer şekilde Büyük Menderes, Küçük Menderes, Kızılırmak, Konya Kapalı Havzası ve Sakarya gibi havzalarda da su verimi ile barındırdığı nüfus arasında dağılım olarak önemli farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Bu durum neticesinde havzalardaki su kullanımının dağılımını doğrudan etkilemekte ve su sıkıntısının meydana gelmesine neden olmaktadır. (Aküzüm ve ark., 2010)

Tablo 1. Havzalara Göre Yıllık Ortalama Yüzey Suyu Potansiyeli (DSİ, 2015)

Havza No	Havzanın Adı	Havza Yağış Alanı (km ²)	Ortalama Yıllık Akış (km ³)	Potansiyel Katılım Oranı (%)
1	Meriç Ergene	14560	1.33	0.7
2	Marmara	24100	8.33	4.5
3	Susurluk	22399	5.43	2.9
4	Kuzey Ege	10003	2.09	1.1
5	Gediz	18000	1.95	1.0
6	Küçük Menderes	6907	1.19	0.6
7	Büyük Menderes	24976	3.03	1.6
8	Batı Akdeniz	20953	8.93	4.8
9	Antalya	19577	11.06	5.9
10	Burdur Göller	6374	0.5	0.3
11	Akarçay	7605	0.49	0.3
12	Sakarya	58160	6.4	3.4
13	Batı Karadeniz	29598	9.93	5.3
14	Yeşilırmak	36114	5.8	3.1
15	Kızılırmak	78180	6.48	3.5
16	Konya Kapalı	53850	4.52	2.4

17	Doğu Akdeniz	22048	11.07	6.0
18	Seyhan	20450	8.01	4.3
19	Asi	7796	1.17	0.6
20	Ceyhan	21982	7.18	3.9
21	Fırat - Dicle	184918	52.94	28.5
22	Doğu Karadeniz	24077	14.9	8.0
23	Çoruh	19872	6.3	3.4
24	Aras	27548	4.63	2.5
25	Van Gölü	19405	2.39	1.3
	Toplam	779452	186.05	100

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de nüfus artışına bağlı olarak su tüketimi ve su kaynaklarına olan baskı giderek artmaktadır. Bu nedenle su kaynaklarının havza bazında yönetimi önem arz etmektedir. Ülkemizde su havzalarının ve kaynaklarının korunması ve kullanılmasında çok sayıda kuruluş görev ve sorumluluk yüklenmiş olup havzalarda kendi ilgi ve sorumluluk alanlarında çalışmaları gerçekleştirmektedirler (OSİB, 2014). Havza, farklı ekosistemleri içinde barındıran, doğal sınırlarla çevrili hidrolojik bir birimdir ve bu birim içerisinde kaynaklardan birine yapılan müdahale bağlantılı olduğu diğer kaynakları da etkileyecektir (Bren, 2015). Bu nedenle farklı kurumlarca havzaların farklı alanlarında ve konularında uygulanan programlar, projeler ve yürütülen çalışmalar için havzayı bir bütün olarak ele alarak havzaya ait oluşturulacak bir hidrolojik modelleme, en uygun ve sürdürülebilir havza yönetimi çalışmalarının belirlenmesini kolaylaştıracaktır. Böylelikle orman, su ve toprak kaynaklarımız başta olmak üzere doğal kaynaklarımızın korunmasından sorumlu olan kuruluşlar için modelin kalibre edildiği havzada herhangi bir karar aşamasında havzanın vereceği tepkinin tahmin edilmesi etkin ve sürdürülebilir bir yönetim şeklini sağlayacaktır.

1.2. Hidrolojik Döngü

Suyun buharlaşması ile okyanus ve denizlerden atmosfere, atmosferden yağışlarla yeryüzüne ve yeniden yüzeysel akışlarla deniz ve okyanuslara ulaşması süreci hidrolojik döngü (su döngüsü) olarak adlandırılmaktadır (Şekil 4). Enerjisini güneşten alan bu döngünün bir başlangıç veya sonu olmaksızın atmosfer ve yeryüzü arasındaki devrimi devam etmektedir (Viessman ve Lewis, 2002; Oki ve Kanae, 2006).



Şekil 4. Su Döngüsü (USGS, 2016b)

Yağış, yüzeysel ve yeraltı akışları ve buharlaşma hidrolojik döngünün ana unsurlarıdır. Bu döngü sayesinde su doğada yenilenebilir bir kaynak olarak dolaşmaktadır. Kullanılabilir ve ulaşılabilir tatlı su kaynaklarının kısıtlı olması ve son yıllarda bu sorunun daha fazla ortaya çıkması hidrolojik döngü üzerine yapılan çalışmalara daha çok önem verilmesine neden olmuştur (Gölpınar, 2017). Havzaların planlanması ve yönetilmesinde tüm hidrolojik döngü unsurlarının sayısallaştırılması oldukça zordur. Bu nedenle hidrolojik döngü unsurlarının belirlenmesi, değerlendirilmesi ve sonrasında su kaynaklarının planlanabilmesi için hidrolojik modeller geliştirilmiştir. Hidrolojik modeller sayesinde yüzeysel akış, infiltrasyon, evapotranspirasyon, yeraltı suyu, yüzey suyu kütleleri gibi hidrolojik döngü unsurları tahmin edilebilmektedir (Özdemir, 2016).

1.3. Su Kalitesi Kavramı

Su kalitesi, suyun ihtiva ettiği ve kullanımını etkileyen tüm madde ve bileşiklerin etkilerini kapsayan bir kavramdır. Su kalitesi kavramı içme, kullanma, sulama, rekreasyon, enerji üretimi, endüstriyel kullanım gibi farklı kullanım alanlarına göre farklı kriterler içermektedir. Ancak genel anlamda bir tanımlama yapılacak olursa su kalitesi; suyun süspansiyon veya çözünmüş halde kapsadığı mineral ve organik maddelerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bir fonksiyonu olarak

tanımlanabilir (Özyuvacı, 1993). Bu madde veya bileşikler sularda doğal olarak belli seviyelerde bulunabilirler. Ancak bu seviyeler bazen doğal olaylar ile çoğu zaman da insan etkinlikleri ile önemli ölçülerde değişebilmektedir. Su kalitesi kavramı suyun kullanım amacına göre değişiklik gösterdiğinden kalite sınıfını belirlemek için için bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerin saptanması gerekir (Görcelioğlu, 1995).

1.3.1. Su Kalitesi Sınıfları

Ülkemizde yüzeysel ve kıyı sularının su kalitesi sınıflarının belirlenmesi, izlenmesi ve korunmasına yönelik usul ve esasların belirlenmesi amacıyla 30.11.2012 tarih ve 28483 sayılı Resmi Gazete’de “Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği” yayımlanmıştır. Ancak, 15.04.2015 tarih ve 29327 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan “Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik” uyarınca “Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği” içerdiği bazı maddelerle beraber “Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği” olarak değiştirilmiştir. Bu yönetmeliğe göre yüzeysel sular; “yeraltı suları haricindeki bütün iç sular, geçiş suları ve kıyı suları” olarak tanımlanmıştır (YSKY, 2015).

Yüzeysel sular olarak tanımlanan suların kalite sınıfları ve su kalitesi parametreleri 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”nde belirtilmiştir. Ancak yönetmeliğin yüzeysel suların kalite sınıflandırmasını açıklayan maddesi 30.11.2012 tarih ve 28483 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan “Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği” ne göre kaldırılarak bu yönetmelikte açıklanmıştır (YSKY, 2015). Yönetmeliğe göre yüzeysel sular, kalitelerine göre 4 ana sınıfa ayrılmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Su Kalitesi Sınıfları (YSKY, 2015)

Sınıf I	Yüksek Kaliteli Su
Sınıf II	Az Kirlenmiş Su
Sınıf III	Kirli Su
Sınıf IV	Çok Kirlenmiş Su

Belirtilen su kalite sınıflarına göre su kalitesi parametreleri ve sınır değerleri Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Kıta İçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (YSKY, 2015)

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları ^(a)			
	I	II	III	IV
Genel Şartlar				
Sıcaklık (°C)	≤ 25	≤ 25	≤ 30	> 30
Renk (m ⁻¹)	RES 436 nm: ≤ 1.5	RES 436 nm: 3	RES 436 nm: 4.3	RES 436 nm: >4.3
	RES 525 nm: ≤ 1.2	RES 525 nm: 2.4	RES 525 nm: 3.7	RES 525 nm: >3.7
	RES 620 nm: ≤ 0.8	RES 620 nm: 1.7	RES 620 nm: 2.5	RES 620 nm: >2.5
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	< 6.0 veya > 9.0
İletkenlik (µs/cm)	< 400	1000	3000	> 3000
Yağ ve Gres	Yüzer halde yağ, katran gibi sıvı maddeler, çöp ve benzeri katı maddeler ile köpük bulunamaz.			-
(A) Oksijenlendirme Parametreleri				
Oksijen doygunluğu (%) ^(b)	>90	70	40	< 40
Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L) ^(b)	> 8	6	3	< 3
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	< 25	50	70	> 70
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ ₅) (mg/L)	< 4	8	20	> 20
(B) Nutrient (Besin Elementleri) Parametreleri				
Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L) ^(c)	< 0,2	1	2	> 2
Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	< 5	10	20	> 20
Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	< 0.01	0.06	0.12	> 0.3
Toplam kjeldahl-azotu (mg N/L)	< 0.5	1.5	5	> 5
Toplam fosfor (mg P/L)	< 0.03	0.16	0.65	> 0.65
(C) İz Elementler (Metaller) ve İnorganik Kirlilik Parametreleri ^(d)				
Alüminyum (mg Al/L)	≤ 0.3	≤ 0.3	1	> 1
Arsenik (µg As/L)	≤ 20	50	100	> 100
Bakır (µg Cu/L)	≤ 20	50	200	> 200
Baryum (µg Ba/L)	≤ 1000	2000	2000	> 2000
Bor (µg B/L)	≤ 1000	≤ 1000	≤ 1000	> 1000
Civa (µg Hg/L)	≤ 0.1	0.5	2	> 2
Çinko (µg Zn/L)	≤ 200	500	2000	> 2000
Demir (µg Fe/L)	≤ 300	1000	5000	> 5000
Florür (µg F ⁻ /L)	≤ 1000	1500	2000	> 2000
Kadmiyum (µg Cd/L)	≤ 2	5	7	> 7
Kobalt (µg Co/L)	≤ 10	20	200	> 200
Krom (µg Cr+6/L)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
Krom (toplam) (µg Cr/L)	≤ 20	50	200	> 200
Kurşun (µg Pb/L)	≤ 10	20	50	> 50
Mangan (µg Mn/L)	≤ 100	500	3000	> 3000
Nikel (µg Ni/L)	≤ 20	50	200	> 200
Selenyum (µg Se/L)	≤ 10	≤ 10	20	> 20
Serbest klor (µg Cl ₂ /L)	≤ 10	≤ 10	50	> 50
Siyanür (toplam) (µg CN/L)	≤ 10	50	100	> 100
Sülfür (µg S/L)	≤ 2	≤ 2	10	> 10
(D) Bakteriyolojik Parametreler				
Fekal koliform (Membran)	≤ 10	200	2000	> 2000
Toplam koliform (Membran)	≤ 100	20000	100000	> 100000

(a) Kalite sınıflarına göre suların kullanım maksatları:

I. Sınıf - Yüksek kaliteli su (Tüm parametrelerin I. sınıf su kalitesi değerinde olması “Çok İyi” su durumunu ifade etmektedir);

1) İçme suyu olma potansiyeli yüksek olan yerüstü suları,

- 2) Yüzme gibi vücut teması gerektirenler dâhil rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir su,
- 3) Alabalık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,
- 4) Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılabilir nitelikte su,

II. Sınıf - Az kirlenmiş su (I. ve II. sınıf su kalitesi arasındaki değerler “İyi” su durumunu ifade etmektedir);

- 1) İçme suyu olma potansiyeli olan yerüstü suları,
- 2) Rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir nitelikte su,
- 3) Alabalık dışında balık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,
- 4) Mer’i mevzuat ile tespit edilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu,

III. Sınıf - Kirlenmiş su (II. ve III. sınıf su kalitesi arasındaki değerler “Orta” su durumunu ifade etmektedir);

Gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç olmak üzere, uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılabilir nitelikte su ve sanayi suyu,

IV. Sınıf - Çok kirlenmiş su (III. ve IV. sınıf su kalitesi arasındaki değerler “Zayıf” su durumunu ve tüm parametrelerin IV. Sınıf su kalitesi değerinde olması “Kötü” su durumunu ifade etmektedir);

III. sınıf için verilen kalite parametrelerinden daha düşük kalitede olan ve üst kalite sınıfına ancak iyileştirilerek ulaşabilecek yerüstü suları.

- (b) Konsantrasyon veya doymunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.
- (c) pH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0.02 mg NH₃-N/L değerini geçmemelidir.
- (d) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.

1.3.2. Su Kalitesine Etki Eden Faktörler

Doğal faktörler ve insan etkinlerinin su kalitesi üzerinde etkileri vardır. Su kaynaklarının yönetimi için öncelikle kalitesine etki eden faktörlerin bilinmesi gerekmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1994). Su kaynağının şeklide kalitesinin etkilenme durumunun boyutunda farklılık göstermektedir. Örneğin kimyasal bir madde kirliliği yüzeysel sularda kontrol altına alınabilir, ancak yeraltı suyuna karışması halinde bertaraf edilmesi oldukça zordur.

1.3.2.1. Doğal Faktörler

İnsan etkisinin az ya da hiç olmadığı doğal alanlarda su kalitesi iklimik, jeolojik, fizyografik, edafik ve orman etkisi gibi faktörlerden etkilenir. Bu etkiler zamansal ve mekânsal olarak farklılık göstermektedir.

Klimatik Etki

İklim hidrolojik döngü elemanlarının etkileşiminde en önemli faktörlerden biridir. Hidrolojik döngü içerisinde bulunan yağış ve evapotranspirasyon ise su miktarı ve su kalitesi üzerinde doğrudan etkili faktörlerdendir. Su havzalarında ani ve aşırı yağışlarla birlikte askıda katı maddenin artışı gibi etkilerinin yanında havza çıkışına organik madde taşınması gibi olumlu etkileri de bulunmaktadır. Kurak dönemlerde su miktarının azalmasıyla birlikte mikrobiyolojik aktivitenin artması, konsantrasyonun düşmesi ile noktasal kaynakların etkilerinin artması şeklinde etkiler ortaya çıkabilmektedir (Chang, 2012).

Jeolojik Etki

Su havzalarındaki suyun kalitesi buldukları yerdeki kayaların mineral yapısından etkilenmektedir. Yağış suları yeryüzüne düştüğü andan itibaren bir kısmı yüzeysel akışa geçer. İnfiltrasyonla toprağa süzülen kısmının bir kısmı ise perkolasyon ile yeraltı suyuna karışır ve buradan da kaynak sularını ve dereleri besler. Su, bu hareketi sırasında çözüldürücü özelliği ile kayaların yapısında bulunan mineralleri bünyesine alabilmektedir (Lee, 1980).

Fizyografik Etki

Su havzalarının topografik yapısı ve büyüklüğünün erozyon, sedimentasyon, sediment verimi ve mikroklima üzerinde etkilidir ve bu nedenle su kalitesi üzerinde de doğrudan veya dolaylı etkileri vardır (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

Edafik Etki

Toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin su kalitesi üzerine bazı etkileri vardır. Toprak içerisindeki suyun hareketi sırasında toprağın yapısından suya geçen maddeler, toprağın suyu absorbe etme kapasitesine bağlı veya toprağın erodobilitesine bağlı olarak eroziv etmenler su kalitesi üzerinde etkilidir (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

Orman Vejetasyonunun Etkisi

Ormanlık alanlarda erozyon miktarı oldukça düşüktür. Böylelikle ormanlık havzalardaki sularda askıda katı madde miktarı da oldukça düşük olmaktadır. Bunun

yanısıra ağaç türleri ve ölü örtü birikimi de su kalitesi üzerinde doğrudan etkilidir (Görcelioğlu, 1995).

1.3.2.2. İnsan Faaliyetlerinin Etkileri

Ormanlık su havzalarında odun üretimi, silvikültürel müdahaleler, rekreasyon faaliyetleri, otlatma gibi insan müdahaleleri su kalitesi üzerinde etkili olabilmektedir. Ayrıca orman yangınları da vejetasyonun su kalitesine olumlu etkisini ortadan kaldırmanın yanısıra toprak örtüsünü erozyona maruz bırakarak akarsulardaki askıda katı madde miktarını arttırabilir (Bren, 2015).

1.3.3. Su Kalitesi Parametreleri

Su kalitesini etkileyen belirli parametreler vardır. Bunları fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik olarak sınıflandırmak mümkündür. Çoğu ülke bu parametrelerin suyun kullanım alanına göre üst sınır değerlerini belirleyerek standart kabul oluşturmuşlardır.

Aşağıda bu tez çalışması kapsamında incelenen su kalite parametreleri izah edilmiştir.

1.3.3.1. Fiziksel Parametreler

1.3.3.1.1. Su Sıcaklığı

Su sıcaklığı, su ve sudaki canlıların kimyasal ve biyolojik faaliyetlerini etkileyen önemli bir parametredir. Sıcaklığa bağlı olarak değişen oksijen miktarına bağlı olarak sudaki canlıların biyolojik aktiviteleri önemli ölçüde etkilenmektedir (Özyuvacı, 1993).

Akarsulardaki su sıcaklığı rakım, iklim, akarsu debisi, yeraltı sularından beslenmesi durumunda yeraltı suyu sıcaklığı faktörü gibi değişkenlerden etkilenmektedir (EPA, 2017). Ancak bu gibi doğal faktörlerin dışında su sıcaklığı insan faaliyetleri sonucu yapay yollardan da etkilenmektedir. Evsel atık suları, endüstriyel kullanım atık ve soğutma suları bırakıldığı alıcı ortamdaki suyun sıcaklığında değişime neden olmaktadır. Bu değişim sucul canlıları etkilemenin yanısıra su kalitesinde de bozulmalara neden olarak ekosistemi olumsuz etkilenmektedir.

1.3.3.1.2. pH

Su içerisinde bulunan hidrojen iyon konsantrasyonunun nicel bir ifadesi olan pH, suyun asidik veya baziklik derecesini gösteren önemli bir su kalitesi parametresidir. pH ölçü değerleri 0-14 arasındadır. Bu skalaya göre pH değeri 7 olan su nötr olarak kabul edilir. Bu değere sahip olan sularda hidrojen (H^+) ve hidroksil (OH^-) iyonları denge halindedir. H^+ iyon konsantrasyonunun artması ile suyun pH değeri düşer ve asidite olur. OH^- iyon konsantrasyonunun artması ile de suyun pH değeri yükselerek alkali özellik kazanır (Güler, 1997). Doğal ve kaliteli içme sularındaki pH değeri 6.5-8.5 arasında uygun görülmektedir (YSKY, 2015).

1.3.3.1.3. Elektriksel İletkenlik

İletkenlik, suyun içerdiği tuzların veya çözünebilir maddelerin konsantrasyonuna bağlı olarak elektrik akımını iletebilme özelliğidir. Suyun içerdiği bu maddelerin konsantrasyonu jeolojik yapıya ve yağış miktarına bağlı olarak değişiklik göstermekle beraber sıcaklık artışına paralel olarak arttığı bilinmektedir (Tepe, 2009). Sıcaklık artışı suda çözünebilir maddelerin konsantrasyonunu arttırdığından elektriksel iletkenliği de arttırmaktadır. Elektriksel iletkenlik değerinin tatlı sularda 10-1000 $\mu S/cm$ arasında değiştiği ve kirletilmiş sularda bu değer 1000 $\mu S/cm$ 'nin üzerine çıktığı belirtilmektedir (Chapman, 1996; Tanyolaç, 2011).

1.3.3.1.4. Tuzluluk

Tuzluluk, toprak ve kayaların yapısında bulunan çözünebilir tuzların sudaki konsantrasyonu olarak ifade edilmektedir. Tuzluluk iç sularda dört katyon grubu (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+) ve dört anyon grubundan (HCO_3^- , CO_3 , SO_4 , Cl^-) oluşur. Tuzluluk doğal sularda 5 ppt, daltalarda 5-30 ppt ve denizlerde 30 ppt seviyelerinde bulunmaktadır (Çiftçi, 2015).

1.3.3.1.5. Toplam Çözünmüş Madde

Suda çözülmüş halde bulunan organik madde ve inorganik tuz içeriği toplam çözülmüş madde olarak ifade edilmektedir. Çözülmüş inorganik tuzlar başlıca kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum, bikarbonat, klor ve sülfatlardır. Çözülmüş maddeler doğal kaynaklardan, evsel atıklardan, drenaj sularından, endüstriyel atık

sularından kaynaklanmaktadır (Güler, 1997). Sularda belirli oranda çözünmüş madde bulunması gereklidir. Ancak bu oranın yüksek olması veya istenmeyen maddeleri ihtiva etmesi suyun kullanımını kısıtlamaktadır. Örneğin; düşük miktarda kalsiyum içeriği suyun tadını iyileştirirken aynı orandaki magnezyum tersi etki oluşturmaktadır. Doğal yollarla suya karışan sülfat koroziv etki oluşturmaları, fosfatlar da istenmeyen mikroorganizmaların artışına neden olmasıyla suyun kullanımını kısıtlamaktadır (Özyuvacı, 1993).

1.3.3.1.6. Çözülmüş Oksijen

Suyun ihtiva ettiği çözülmüş oksijen sucul canlılar için hayati taşımaktadır. Sudaki konsantrasyonu basınç, sıcaklık, tuzluluk gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Tanyolaç, 2011). Çözülmüş oksijen sudaki organik kirleticilerin giderilmesinde öncül etki göstermektedir. Yüksek organik madde içeren evsel veya endüstriyel atık deşarjlarının karıştığı sularda çözülmüş oksijen miktarı organik maddelerin oksidasyonunu için yetersiz kalabilmektedir. Oksijen seviyesinin çok düşmesi anaerobik durumun meydana gelmesine yol açar ve diğer canlıların yaşam alanları ortadan kalkar (Özyuvacı, 1993). Doğal tatlı sularda çözülmüş oksijen konsantrasyonu 8-14 mg/l arasında değişir. Bu değerin 5 mg/l'den düşük olması canlılar için toksik etki oluşturmaktadır. İçme sularında da sağlığa olumsuz bir etkisi bulunmamakla beraber suyun tadında etkilidir (Chapman, 1996).

1.3.3.1.7. Askıda Katı Madde

Su içerisindeki çökebilir veya süspansiyon halde bulunan maddeler askıda katı madde (AKM) olarak ifade edilir. İnsanların aktiviteleri ve erozyon, sel, taşkın, heyelan gibi doğal çevresel faktörler sonucu yüzey sularının askıda katı madde miktarında artış olabilir (Yang, 1996). Önemli bir su kalitesi parametresi olan AKM, güneşten gelen enerjinin su içerisine geçişini engelleyerek karbondioksit ve oksijen dengesini bozmakta ve su kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Sularda belirli bir miktarın üzerinde bulunması fiziksel kirlenmeye de sebebiyet vermektedir. Bu yönüyle de yine su kalitesini olumsuz yönde etkileyen suyun bulanmasına, ışık geçirgenliğinin ve oksijen miktarının azalmasına yol açmaktadır. Akarsularda askıda katı madde debiye ve tanecik boyutuna bağlı olarak havza boyunca taşınır. Akarsuların taşıdığı askıda

katı madde yükünün bilinmesi ve ileriye yönelik tahminlerinin yapılması havza yönetim çalışmaları ve planlamaları açısından büyük önem taşımaktadır (Sivakumar, 2006; Güngör, 2011).

1.3.3.2. Kimyasal Parametreler

1.3.3.2.1. Nitrat Azotu (NO₃-N)

Nitrat (NO₃) sulara azot bileşiklerinden biri olarak bulunan önemli bir su kalitesi parametresidir (Güler ve Çobanoğlu, 1994). Doğal sulara bulunan nitrat hayvansal ve bitkisel atıkların ayrışması sonucu ortaya çıkan amonyağın oksitlenmesinden, tarımsal amaçlı nitrat içeren gübrelerin çözünerek suya karışmasından, atmosferdeki elektriksel deşarjlar sonucu azotun azot oksitlere dönüşmesinden kaynaklanmaktadır. Doğal olarak sulara azotun yaygın bir formu olarak az miktarda nitrat bulunabilir ve bu bazı bitkiler için önemli bir azot kaynağıdır (Güler, 1997). Ancak sulara 5 mg/l'den fazla nitrat içeriği kirlenme göstergesi olabilir. Akarsularda nitrat azotunun 4.2 mg/l'yi geçmesi bazı balık türlerinin yaşamını etkilemektedir. İçme sularında ise 45 mg/l'yi geçmesi insan sağlığı açısından tehlike oluşturmaktadır (Özyuvacı, 1993).

1.3.3.2.2. Amonyum (NH₄)

Amonyak sulara iyonize olmuş (NH₄⁺) ve iyonize olmamış (NH₃) halde iki formda bulunur. Amonyum (NH₄⁺), amonyak (NH₃) bileşiğinin doğal sulara bulunan halidir. Amonyum canlıların artık maddesidir ve organizmalar tarafından tekrar absorbe edilebilirler (Chapman, 1996). Amonyum yüksek konsantrasyonları dışında toksik etki oluşturmazlar. Buna karşın amonyak düşük konsantrasyonlarda bile toksik etki oluşturmaktadırlar. Sıcaklık ve pH amonyağın oranını arttırmaktadır. Organik maddelerin ayrışması, amonyum içerikli gübreler, evsel ve endüstriyel atık deşarjı sulardaki amonyumun kaynaklarındandır. Yüzeysel sulara 12 mg/l'ye kadar amonyum bulunabilir (Solak, 2003). Ancak içme suyu temininde kullanılacak su kaynaklarında amonyum konsantrasyonunun 0.2-1.5 mg/l düzeyinde olması gerekmektedir (YSKY, 2015).

1.3.3.2.3. Sülfat (SO₄)

Biyolojik aktivitenin verimliliği bakımından doğal ortamda sularda sülfat bulunabilmektedir. Bu miktar doğal tatlı sularda 10-30 mg/l arasında sülfat iyonu (SO₄⁻²) formunda bulunmaktadır (Chapman, 1996). Doğal kaynakları arasında alçı taşı gibi sülfatlı kayaçlar vardır. Bu tür kayaçlar yağmur suları ile kolayca çözünerek içeriğindeki mineraller ve tuzlar sulara karışmaktadır. Bu tür kayaçların rastlandığı yerlerde yağışlı dönemlerde konsantrasyonun 100 mg/l'yi geçtiği sülfat oranları görülebilir. Ancak endüstriyel, evsel atık deşarjları ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklı sülfat artışı nedeniyle konsantrasyonun 250 mg/l'nin üzerine çıkması su kalitesinde önemli bir kirlilik parametresi olarak kabul edilmektedir (İTASHY, 2005; WHO, 2011).

1.3.3.2.4. Orto-fosfat (PO₄-P)

Fosfor doğal sularda fosfatlar halinde bulunur. Mikroorganizmaların büyümesi için gerekli temel elementlerden birisi olduğundan sucul ortamda fazlalığı halinde ötrofikasyona sebebiyet vermektedir (Harper, 1992). Fosfor önemli bir kirlilik göstergesidir ve doğal olarak sularda bulunması havzanın jeolojik yapısına göre sınırlı bulunmaktadır. Kirlilik oluşturacak düzeydeki kaynağı evsel ve endüstriyel atık deşarjından kaynaklanmaktadır. Özellikle atık sulardaki deterjan içeriği fosfor miktarında etkili olmaktadır (Chapman, 1996).

1.3.3.2.5. Toplam Azot (TN)

Canlı yaşamının en temel maddelerinden biri olan azot doğada amonyum, azot gazı, nitrit ve nitrat şeklinde belirli formlarda bulunmaktadır. Azotun temel kaynakları, bitkiler tarafından atmosferde bulunan azot gazının bağlanması, sucul ortama organik madde karışımı ve bazı kayaçların ayrışması şeklindedir (Özyuvacı, 1993). Sulara doğal yollarla karışan azot kaynaklarının yanı sıra evsel ve endüstriyel atıkların deşarjı, tarımsal faaliyetlerde kullanılan azotlu gübreler azot yükünü arttırmaktadır. Azotun sucul ortamda doğal miktarı belirli oranlarda bulunduğundan azot miktarının yüksek olduğu atık deşarjları mikroorganizma faaliyetlerini hızlandırarak ötrofikasyona dolayısıyla su kirlenmesine neden olmaktadır (Harper, 1992).

1.3.4. Kirletici Kaynaklar

Su kirliliği, insan etkinlikleri sonucu suyun kullanımını kısıtlayan ya da tamamen ortadan kaldıran su kalitesindeki bozulmayı ifade eder. Yeraltı suları yüzeysel sulara göre daha iyi kalitededir. Toprak ve anakaya yeraltı suları için kirlenmeyi engelleyici filtre görevi görmektedir. Yüzeysel sular kirletici unsurlarla iç içe bulunduğundan kolayca fiziksel, kimyasal veya biyolojik olarak bu unsurlara maruz kalmaktadır (Güler ve Çobanoğlu, 1994). Suyun kirlenme seviyesi de kullanım amacına göre farklılık göstermektedir. En alt düzeyde kirlenme, bir kirlilik parametresi düzeyinin insanlar ve balıklar gibi önemli su kullanıcıların etkileneceği noktaya ulaşmasıyla meydana gelir (Görcelioğlu, 1995). Bu bakımdan su kaynağına ulaşan kirletici parametrelerin belirlenmesi ve izlenmesi, kullanım amacına göre yeterli tedbirlerin alınması su kaynaklarının yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır. Kirletici kaynakları genel olarak noktasal ve noktasal olmayan (yayılı) kaynaklar olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür.

1.3.4.1. Noktasal Kaynaklar

Kirlilik, belirli bir kaynaktan ortama salınıyor ise bu tür kaynaklar noktasal kaynak olarak ifade edilmektedir. Bu kaynaklar genellikle evsel atık ve endüstriyel atık deşarjıdır. Noktasal kirlilik kaynaklarında atıklar kontrol edilebilir ve ölçülebilir bir şekilde deşarj edilmektedir. Nitekim bu atıklar kaynağından kapalı bir boru ya da küçük bir kanal içinde bertaraf edilirler (Güler ve Çobanoğlu, 1994; Görcelioğlu, 1995).

1.3.4.2. Yayılı Kaynaklar (Noktasal Olmayan Kaynaklar)

Kirlilik kaynağı ortama yayılı olarak karıştırsa yayılı veya noktasal olmayan kaynak olarak ifade edilmektedir. Geniş alanları kapsamaları ve kolayca yayılmaları nedeniyle kontrol altına alınması noktasal kaynaklardan çok daha zordur. Yayılı kaynaklar; yağış ve yıkama suları ile yüzeysel akışa geçerek taşınanlar, tarım ve orman alanlarından gelenler, yerleşim alanlarından gelenler, atmosferden su ve toprağa karışan kirleticiler, maden sahaları, katı atık ve hafriyat döküm sahaları, fosseptik çukurları, çöp biriktirme sahalarından yüzeysel sulara ve sızarak yeraltı sularına karışan kirleticiler genel başlıklar altında sayılabilirler (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

1.3.5. Su Kalitesi Çalışmaları Literatür Özeti

Kastamonu İlinin içme suyu kaynaklarından olan Karaçomak Barajı Havzasında yapılan bir çalışmada bazı su kalitesi parametrelerine yapay sinir ağları uygulanarak su kalitesi indeksinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında 6 ölçüm istasyonunda su kalitesi parametrelerinden elektriksel iletkenlik (EC), pH, Sıcaklık (T), çözünmüş oksijen (DO), bulanıklık (TUR), toplam sertlik (Ha), toplam alkalinite, amonyak azotu (NH₄-N), nitrit azotu (NO₂-N), nitrat azotu (NO₃-N), fosfat (PO₄-P), biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOD), kimyasal oksijen talebi (COD) Eylül 2015 - Temmuz 2016 tarihleri arasında ölçülerek sonuçları mükemmel ve kötü su kalitesi sınıflarına göre gruplandırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre belirlenen su kalitesi indeksine göre istasyonların ortalama değerlerinin “mükemmel ve iyi su kalitesi” sınıfına girdiği belirlenmiştir (Saad, 2018).

Ordu’da bulunan Akçaova deresinin su kalitesinin ve kirlilik düzeyinin belirlenmesi amacıyla 3 ölçüm noktasından Mayıs 2017-Nisan 2018 tarihleri arasında aylık bazı su kalitesi parametrelerinin ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm yapılan periyottaki bazı parametrelerin ortalama değerlerine göre sıcaklık 12.83 °C, TDS 145.1 mg/l, pH 8.38, nitrat 2.13 mg/l şeklindedir. Elde edilen sonuçlara göre çalışma alanındaki su kalitesinin tarımsal faaliyetler ve sucul canlılar için uygun ortam olduğu belirlenmiştir (Alptekin, 2018).

Giresun’un önemli içme suyu kaynaklarından biri olan Aksu Çayı’nın su kalitesini belirlemek ve Kanada su kalitesi indeksine (CWQI) göre sınıflandırmak amacı ile Ocak 2014-Aralık 2014 tarihleri arasında 12 ay boyunca aylık 3 farklı istasyondan bazı su kalitesi parametrelerinin ölçümü yapılmıştır. Bazı parametrelerinin Kanada su kalitesi indeksine göre sınır değerleri aştığı ve 3 istasyonun da indeks değerlerinin “zayıf” kategorisinde olduğu saptanmıştır. Buna göre, bu bölgelerdeki suların içme ve kullanma suyu olarak kullanılmasının arıtıma tabi olmadan uygun olmayacağı belirtilmektedir (Tunç Dede ve Sezer, 2017).

Çoruh Nehri’nin Bayburt İl sınırları içerisinde kalan kısmının su kalitesinin araştırıldığı bir çalışmada Bayburt il merkezinin giriş ve çıkışında alınan 2 noktadaki ölçümler 2012-2014 yılları arasında mevsimsel olarak devam etmiştir. Ölçülen bazı suyun fiziksel ve kimyasal parametreleri Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kıta İçi Su

Kaynakları Kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre çözülmüş oksijen ve nitrit bakımından “II. Sınıf”, diğer parametreler bakımından ise “I. Sınıf” su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir (Birici ve ark., 2017).

Germeçtepe baraj gölünün (Kastamonu) su kalitesinin incelendiği çalışmada su kalitesi parametrelerinden sıcaklık, pH, bulanıklık, iletkenlik, çözülmüş oksijen, nitrat, nitrit, fosfat, amonyum, kimyasal ve biyolojik oksijen ihtiyacı ölçülmüştür. Ölçümler 1 yıl boyunca 3 farklı noktadan aylık olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ölçüm sonuçlarına göre baraj gölünün su kalitesi su kalitesi yönetmeliğine göre değerlendirildiğinde nitrit bakımından “II. Sınıf”, fosfat bakımından ise “IV. Sınıf” ve diğer parametreler bakımından ise “I. Sınıf” olduğu belirlenmiştir (Atea ve ark., 2017).

Doğu Karadeniz bölgesinde yürütülen bir çalışmada Solaklı Deresi Havzasında bulunan NT-HES’lerin su kalitesi parametrelerine olan etkileri incelenmiştir. Ocak-Aralık 2014 tarihleri arasında 6 farklı noktada aylık olarak yapılan örnekleme çalışmalarında bazı su kalitesi parametreleri ölçülmüştür. Ölçümler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde NT-HES’lerin inşası ve işletmesi sırasında suyun bazı kalite parametrelerini olumsuz yönde etkilediği ortaya çıkmıştır (Koralay, 2015).

Tortum Çayı ve yan kollarında (Erzurum) yürütülen bir çalışmada da NT-HES ve evsel atıkların su kalitesine etkileri araştırılmıştır. Belirlenen 9 farklı ölçüm noktasında bazı su kalitesi parametreleri Haziran 2012 – Mayıs 2013 tarihleri arasında aylık olarak ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar su kalitesi yönetmeliğine göre değerlendirilmiştir. Buna göre su sıcaklığı, çözülmüş oksijen ve sülfat değerleri dışında ölçülen diğer parametrelerin düşük kaliteli su sınıfına dahil olduğu ve belirtilmiştir (Köktürk ve Atamanalp, 2015).

1.4. Sediment Verimi

Dünyadaki en önemli doğal kaynak sorunlarından birisi toprak erozyonudur. Toprak erozyonuna neden olan en önemli etken ise sudur. İklim, edafik ve topografik faktörler, bitki örtüsü, arazi kullanımı gibi faktörler su erozyonu üzerinde etkili olmaktadır. Ülkemiz de özellikle yarıkurak iklim bölgesinde oluşuyla toprak erozyonu problemiyle karşı karşıyadır. Geniş alanlar üzerinde etkili olan erozyon problemi beraberinde sediment sorununu da getirmektedir (Balcı, 1996). Sediment, su veya havanın hareketi sırasında askıda, sıçrayarak veya sürüntü halinde taşıdığı katı materyal olarak isimlendirilmektedir. Taşınan sedimentin çökmesine de sedimentasyon denilmektedir (Linsley ve ark., 1949).

Doğal koşullar altında koruyucu bir bitki örtüsü altında erozyon ve sediment taşınımı oldukça yavaş ilerler ve havza boyunca organik madde taşınması bakımından da yararlı olduğu belirtilmektedir. Toprak taşınması hızının toprağın oluşum hızıyla dengede olduğu doğal koşullarda bu süreç yenilenebilir şekilde ve denge halinde döngüsüne devam etmektedir (Balcı, 1996). Ancak son yıllarda toprak ve su gibi doğal kaynakların bilinçsizce ve aşırı kullanımıyla bu denge ortadan kalkmaktadır. Çeşitli nedenlerle toprağı tutan ve koruyan bitki örtüsünün tahribi veya ortadan kaldırılmasıyla doğal kaynaklarımızın en önemli unsuru olan toprak normalin üzerinde hızlarda erozyona maruz kalarak taşınmaktadır. Toprak erozyonunun neden olduğu sorunlar toprak tabakasının taşınması ile kalmayıp sedimentasyon şeklinde devam etmektedir. Taşınan sedimentin çökmesiyle tarım alanları verimsizleşmekte, sulama ve drenaj kanalları tıkanmakta ve barajlarda birikmesiyle ekonomik ömürleri kısalmaktadır (Görcelioğlu, 1976). Ayrıca sediment akarsularda genellikle askıda katı madde olarak taşındığından su kalitesi ve sucul canlılar üzerinde de olumsuz etkileri olmaktadır (Bilotta ve Brazier, 2008).

Doğal kaynaklarımızın sürdürülebilir bir şekilde kullanımını sağlamak, erozyonla taşınan toprak kayıplarına karşı önlem almak için havza planlama çalışmalarında taşınan sediment miktarının bilinmesine ihtiyaç vardır. Ancak sediment taşınımını etkileyen topografik, edafik, jeolojik, bitki örtüsü, arazi kullanımı faktörleri gibi birçok parametre vardır. Bütün bu parametreler birbiriyle etkileşim halinde oluşu nedeniyle sediment miktarlarını hesaplamak hayli zordur. Ancak gelişen teknoloji ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) kullanılmasıyla birlikte sediment taşınımı ve toprak kayıp

miktarlarını hesaplayan ve tahmin eden birçok model ve yöntem geliştirilmiştir. Bu sayede geliştirilen yöntemler meydana gelen erozyona karşı önlem alma, sürdürülebilir yönetim gibi havza planlama çalışmalarında iyi bir araç olmaktadır (Harmancıoğlu ve ark., 2002).

1.5. Hidrolojik Modelleme

Gelişen teknoloji ve artan nüfusa bağlı olarak doğal kaynakların aşırı tüketilmesiyle ortaya çeşitli çevresel problemler çıkmaktadır. Su, toprak ve hava gibi doğal kaynakların birbirleriyle oldukça karmaşık etkileşimleri vardır. Sürdürülebilirliği oldukça önemli olan bu kaynaklardan birine yapılan bir müdahale, diğerleri üzerinde etkili olabilmektedir (Hızal ve ark., 2008). Bu nedenle doğal kaynakların bir bütün olarak ele alınması ve planlanması gerekmektedir. Buda yine teknolojik gelişmelere bağlı ortaya çıkan modellemelerle mümkün hale gelmektedir. Model, mühendisler ve planlamacılar gibi karar verme merciinde bulunanların bir sistem için aldıkları kararların etkilerini tahmin etmek için kullandıkları bir araçtır (Devi ve ark., 2015).

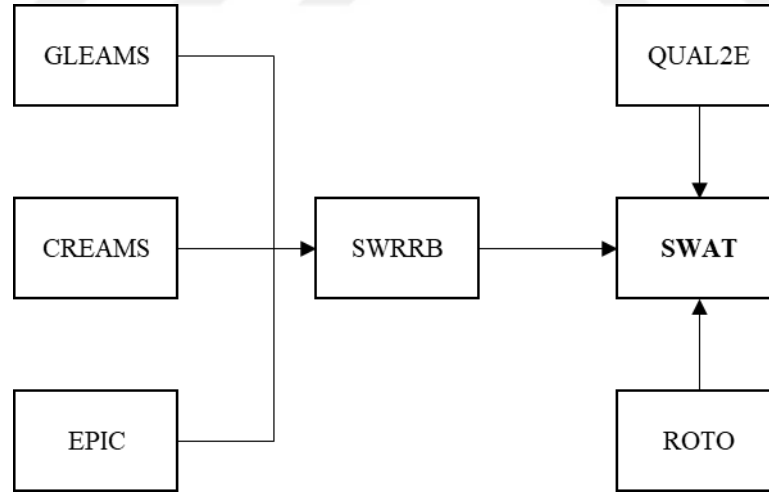
Doğal kaynakların özellikle su kaynaklarının yönetiminde geçmişten günümüze kadar birçok model çalışmaları yapılmış ve geliştirilmiştir. Hidrolojik süreç elemanları (yağış, yüzeysel akış, infiltrasyon, evaporasyon) ve erozyon gibi konularda geliştirilen tekil alanlardaki modeller, günümüzdeki gelişmiş modellere temel oluşturmaktadır. Hidrolojik modellere duyulan ihtiyacın temelinde iki ana düşünce vardır. Birisi sistem içerisindeki süreçlerin nasıl işlediğini anlamak ve etkilerini açıklayabilmek, diğeri ise modellerin senaryo üretme fonksiyonu sayesinde farklı koşullar altında sistemin nasıl tepki vereceğini tahmin etmektir (Xu, 2002; Devi ve ark., 2015).

Hidrolojik süreçleri havza içerisinde bir bütün olarak ele alan ve modelleyen SWAT (Soil and Water Assessment Tool) (Arnold ve ark., 1998), WEAP (Water Evaluation and Planning System) (SEI, 2011), HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center, Hydrologic Modeling System) (HEC, 2001), MIKE SHE (DHI, 2007), HSPF (Hydrologic Simulation Program – Fortran) (Bicknell ve ark., 2000), AGNPS (Agricultural None Point Source Model) (Young ve ark., 1989), HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers River Analysis System) (HEC, 2016) gibi birçok model mevcuttur. Bu modeller havza içerisindeki yağış, yüzeysel akış gibi hidrolojik

süreçleri, askıda katı madde, sediment verimi, besin elementleri taşınımı gibi madde döngülerini hesaplayabilmektedir (J. Yang ve ark., 2008).

1.5.1. SWAT Modeli

SWAT (Soil and Water Assessment Tool) USDA-ARS (Agricultural Research Services of United States Department of Agriculture) tarafından geliştirilmiş, yaygın bir kullanıma sahip fiziksel bir modeldir (Arnold ve ark., 1998). Model, havzalarda noktasal olmayan kirlilik kaynağının uzun süreli etkilerinin belirlenmesinde, su bütçesi, su kalitesi ve sediment verimi modellemesinde, entegre havza planlamalarının yönetim ve değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. SWAT modeli yine USDA-ARS tarafından geliştirilen CREAMS (Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems), GLEAMS (Groundwater Loading Effects of Agricultural Management System), EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator), SWRRB (Simulator for Water Resources in Rural Basins), ROTO (Routing Outputs to Outlet), QUAL2E (Enhanced Stream Water Quality Model) modelleri dahil edilerek (Şekil 5) geliştirilmiştir (Gassman ve ark., 2007; Neitsch ve ark., 2011).



Şekil 5. SWAT modelinin gelişimi (Gassman ve ark., 2007)

SWAT modeli, yüzeysel akış, infiltrasyon, perkolasyon, evapotranspirasyon, göl ve rezervuar depolaması, yeraltı akışı gibi hidrolojik süreçleri ve bitki besin elementleri ve pestisit yüklerini de modelleyebilmektedir. Model ile günlük veya daha uzun süreli simülasyonlar yapılabilmektedir. Çok büyük alanlarda çalışabilen SWAT modeli havzayı birden çok alt havzalara ayırabilmektedir. Model girdi parametreleri olarak

meteorolojik, topografik, toprak, bitki örtüsü, arazi kullanımını gibi verileri kullanır. Modellenen havza; drenaj alanları ve girdi parametrelerine göre farklılık teşkil eden en küçük HRU (hydrologic response unit) denilen hidrolojik işlem birimlerine ayrılır ve her bir HRU için işlem yapılır (Arnold ve ark., 1998).

SWAT modeli hidrolojik süreçleri; aşağıdaki su dengesi denklemine göre yapmaktadır (Gassman ve ark., 2007).

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw})_i \quad (1)$$

Bu denklemde;

- SW_t : Toprağın su içeriği (mm),
- SW_0 : Başlangıçtaki toprağın su içeriği (mm),
- R_{day} : Yağış miktarı (mm),
- Q_{surf} : Yüzeysel akışa geçen su miktarı (mm),
- E_a : Buharlaşma ve terleme (mm),
- W_{seep} : Sızan su miktarı (mm),
- Q_{gw} : Geri akış su miktarı (mm).

olarak ifade edilmektedir.

1.5.2. SWAT Modeli Uygulamaları

Dünyada yaygın olarak kullanılan SWAT modelinin farklı havza ölçeklerinde, farklı iklimsel, çevresel şartlarda ve yönetim planlamalarında uygulandığıyla ilgili çok sayıda bilimsel çalışma mevcuttur. SWAT modeli uygulamalarıyla ilgili yayınların genel olarak değerlendirildiği çalışmalarda (Gassman ve ark., 2007; Douglas-Mankin ve ark., 2010; Gassman ve ark., 2014; Krysanova ve White, 2015) model uygulamalarının genel olarak hidrolojik rejim ve su kaynaklarının değerlendirilmesi, su kalitesi, noktasal ve noktasal olmayan kirlilik kaynaklarının değerlendirilmesi, sediment verimi, arazi kullanımının etkisine bağlı yönetim planlamaları ve iklim değişikliği etkilerinin değerlendirilmesi üzerine olduğu belirtilmektedir. Çok sayıda yayının değerlendirildiği bu çalışmalarda modelin kalibrasyon ve doğrulama işlemlerinin havza çıkış noktasındaki akış ve su kalitesi parametreleri ile yapıldığı,

model çıktılarının değerlendirilmesinde yine havza çıkışına ulaşan akış ve besin maddesi yüklerinin (TN, TP, NO₃) kullanıldığı belirtilmektedir.

SWAT modeli havza ölçeğinde su kaynaklarının rejimini verimli bir biçimde ortaya koyan ve bu etkileri çeşitli senaryolar altında ileriye yönelik modelleyebilen hidroloji ve su kalitesi modelidir. Model, meteorolojik verileri, yüzeysel akışı, perkolasyonu, evapotranspirasyonu, göl ve rezervuar depolamasını, tarımın ve bitkilerin su ihtiyacını, yeraltı akışını hesaplayarak hidrolojik süreçleri modelleyebilmektedir. Bu konu ile ilgili literatürde çok sayıda çalışma mevcuttur (Panhalkar, 2014; Ghoraba, 2015; Pandey ve ark., 2015; Kim ve Kim, 2016; Carvalho-Santos ve ark., 2017; D'Ambrosio ve ark., 2017; Mishra ve ark., 2017). Örneğin; Hindistan'ın Cemma ve Keşmir eyaletinde bulunan Lolab Havzası'na uygulanan SWAT modelinde dere akışı ve sediment verimi çalışılmıştır. Modelin 1993-2000 yılları için kalibrasyonu ve 2001-2004 yılları için doğrulaması yapılmıştır. Model tahmin verilerinin gözlem verileriyle iyi bir uyum sağladığı belirtilmektedir. Performans istatistikleri katsayılarına göre dere akışının kalibrasyonda $R^2=0.74$, $NSE=0.68$ ve doğrulamada $R^2=0.85$, $NSE=0.83$ olarak bulunmuştur. Çalışma alanında iyi bir başarı sağlayan SWAT modelinin su kaynaklarının planlaması ve yönetiminde iyi bir araç olduğu vurgulanmaktadır (Gull ve ark., 2017). Ülkemizde de son yıllarda uygulanmaya başlayan model ile yapılmış birçok bilimsel çalışma mevcuttur (Güzel, 2010; Akıner ve Akkoyunlu, 2012; Cüceloğlu, 2013; Güngör ve Göncü, 2013; Gölpınar, 2017). Ülkemizde yapılan bir çalışmada yarı kurak bölgede bulunan Küçükkelmalı ve Güvenç Havzaları'nda (Ankara) su ve sediment verimini belirlemek için SWAT modelini kullanmıştır. Modelin uygulanması sonucu su ve sediment verimine göre, gözlem ve tahmin edilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli farklar ortaya çıkmıştır (Karaş, 2005). Diğer bir çalışmada Filyos Çayı Havzası'nın SWAT modeli ile hidrolojisi modellenmiştir. Çalışmada 1988-1993 yılları arasındaki akım gözlem değerleri ile model kalibre edilmiş ve 1988-2000 yılları arasındaki veriler ile de doğrulanmıştır. Bu verilerin sonucunda modelin performansına NSE, RSR ve PBIAS değerlerine göre bakıldığında sırasıyla kalibrasyonda 0.67, 0.57, -14.3 ve doğrulamada 0.72, 0.52, -18.9 değerleri elde edilmiştir (Güngör, 2018). Başka bir çalışmada İstanbul Büyükçekmece Havzası'nda, hidrolojik döngü elemanlarından olan gerçek evapotranspirasyon, zemin nemi, potansiyel evapotranspirasyon, perkolasyon, taban akışı, toplam akış, yıllık

yağış, yüzeysel akış ve kar erimesi verilerinin arazi kullanımına göre zamansal değişimi ortaya konularak gelecekte muhtemel arazi değişimlerinin önörülmesinde kullanılabilecek bir altlık oluşturulmuştur. Bunun için 1990 ve 2006 yıllarına ait CORINE arazi örtüsü/kullanım haritası kullanılarak SWAT modeli kullanılmıştır. Sonuçlara göre arazi örtüsü/kullanım değişiminin gerçek evapotranspirasyon, zemin nemi, perkolasyon, taban akışı üzerinde daha etkili olduğu belirlenmiştir (İmamoğlu, 2017).

Dünyadaki en büyük doğal kaynak sorunlarından birisi toprak kaybıdır. Yeniden oluşumu için 1 cm'lik tabakasının yüzlerce yıl sürdüğü toprak tabakasının erozyonla taşınan kayıplarına karşı önlem almak için havza çalışmalarında taşınan sediment miktarının bilinmesi ve ileri zaman periyodunda tahmin edilmesi önem taşımaktadır. SWAT modelinin sediment taşınımı konusunda başarılı olduğuna dair çok sayıda çalışma vardır (Chandra ve ark., 2014; Thawait ve Chauhan, 2015; Yesuf ve ark., 2015; Ben Salah ve Abida, 2016; Briak ve ark., 2016; Nerantzaki ve ark., 2016; Rodríguez-Blanco ve ark., 2016; V. D. P. R. D. Silva ve ark., 2016; M. Silva ve ark., 2017). Brezilya'nın kuzeydoğusunda bulunan Caatingabiome havzasında yürütülen bir çalışmada arazi örtüsü ve arazi kullanım değişimlerinin yüzeysel akış ve sediment verimi üzerine etkilerinin belirlenmesi için SWAT modeli kullanılmıştır. Model 1977-1978 akış verileri ile kalibre edilmiştir. performans istatistiklerine göre NSE: 0.85 ve R^2 : 0.89 verileri elde edilmiştir. Model sonuçlarına göre kalibre edilen periyotta ortalama yüzeysel akış 0.360 m³/s iken 2015'te 0.854 m³/s olmuştur. Sediment verimi kalibre edilen periyotta ortalama 0.34 ton/ha/yıl iken 2015'te 1.34 ton/ha/yıl olmuştur (R. M. d. Silva ve ark., 2018). Bu konuda ülkemizde de son yıllarda yapılmış çalışmalar bulunmaktadır (Yaykırın, 2016; Duru ve ark., 2017). Ankara'da Küçükemmalı ve Güvenç Havzaları'nda su ve sediment veriminin belirlenmesinde SWAT modeli kullanılmıştır. Model sonuçlarına göre her iki havzada da gözlenen veriler ile tahmin edilen veriler arasında önemli farklar ortaya çıkmıştır (Karaş, 2005).

SWAT modelinin havza ve tarımsal alan uygulamalarıyla su kaynaklarının ve yayılı kaynaklı kirliliğin değerlendirilmesinde, besin elementi yüklerinin hesaplanmasında etkili bir araç olduğu çok sayıda bilimsel çalışma ile bildirilmektedir (Chaplot, 2005; Ben Othman ve Gueddari, 2013; Bosch ve ark., 2014; Tzoraki ve ark., 2014; Epelde ve ark., 2015; Ouyang ve ark., 2016; Zhang ve ark., 2016; Wu ve ark., 2017). Bu

konuda da ülkemizde yapılmış çalışmalar bulunmaktadır (Aksoy ve ark., 2006; Akıner, 2012; Akgül, 2015; Azgın, 2015; Özcan ve ark., 2017). Ergene Nehri Havzası'nda yapılan bir çalışmada yüzey akışı ve kirlilik taşınımı modellenmiştir. Model sonucunun performans istatistiklerine göre toplam akış $R^2:0.81$, toplam azot $R^2:0.50$ ve toplam fosforun ise $R^2:0.55$ olduğu bildirilmiştir (Paçal, 2017).

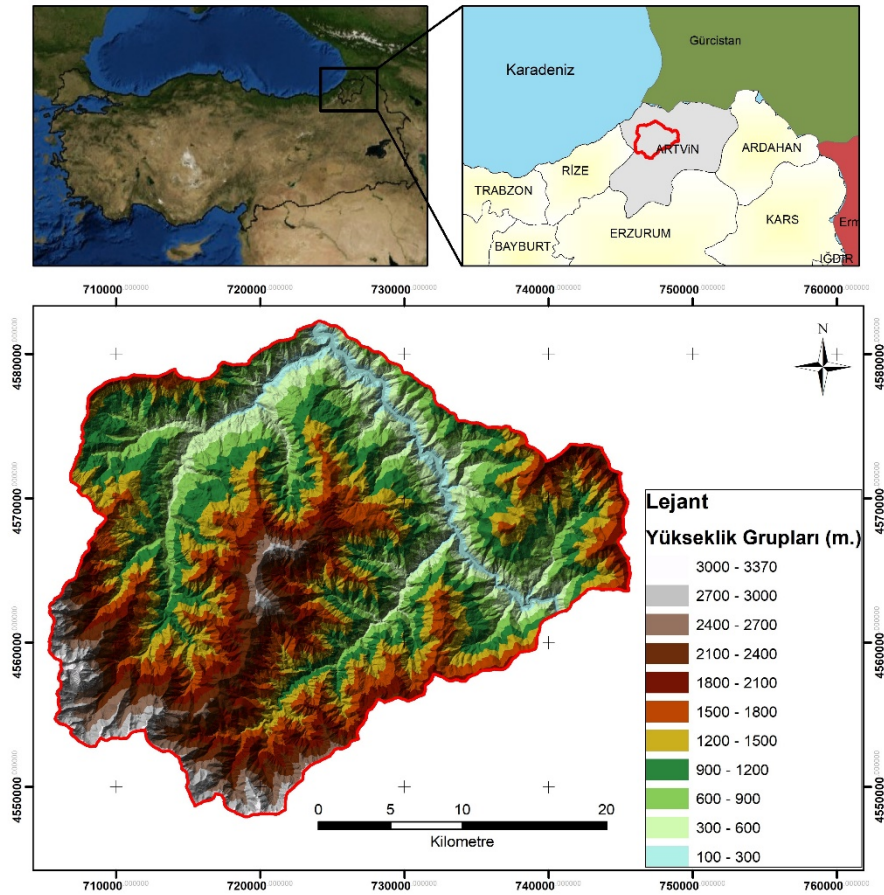
Ülkemizde yarı kurak alanda yapılmış bir çalışmada arazi örtüsü değişimlerinin belirlenmesi ve yayılı kirletici yüklerin SWAT ile modellenmesi amaçlanmıştır. Tuzla (Palas) Gölü Havzası'nda (Kayseri) yer alan farklı dereler için SWAT modeli uygulanarak akım ve yayılı kirletici yük miktarlarının mevcut durumları ve gelecek yıllarda ortaya çıkabilecek sonuçlar farklı senaryolar ile ortaya konulmuştur. SWAT modeli uygulaması ile yüzey akışı ve Tuzla Gölü'ne taşınan kirletici yüklerin başarılı bir şekilde tahmin edildiği ve taşınan kirletici yüklerin gölün su kalitesinde olumsuz etkileri olabileceği belirtilmiştir (Azgın, 2015). Melen Çayı Havzası'nda yapılan bir çalışmada Yapay Sinir Ağları yöntemi ile eksik ve ileriye yönelik yağış verileri tahmin edilmiştir. Elde edilen yağış verileri havzaya uygulanan SWAT modelinde kullanılarak yüzeysel akış verileri modellenmiştir. Model sonuçları ile gözlenen akış değerleri arasında uyum sağlanmıştır (Akıner ve Akkoyunlu, 2012). Ülkemizde yapılmış başka bir çalışmada akış tahmini SWAT modeli ve yapay zeka metotları ile karşılaştırılmıştır. Çalışma Konya Kapalı Havzası'nda Çarşamba Çayı üzerindeki bir akım gözlem istasyonunun drenaj alanında yürütülmüştür. SWAT modelinin karşılaştırılması Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Destek Vektör Makineleri (DVM) modelleri arasında yapılmıştır. Akışın modellenmesinde performans istatistiklerinden R^2 , NSE ve PBIAS sırasıyla SWAT modeline göre 0.78, 0.77, -7.56, YSA'ya göre 0.99, 0.99, 1.29 ve DVM'ye göre 0.99, 0.99, -0.75 olarak elde edilmiştir. Çalışma sonuçlarının bildirdiğine göre SWAT modelinin performansı diğerlerine göre düşük olsa da havzaya ait hidrolojik parametreler hakkında bilgi almak ve ileriye doğru yorumlama yapmak SWAT modeli ile mümkün olmaktadır (Köyceğiz, 2018).

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Materyal

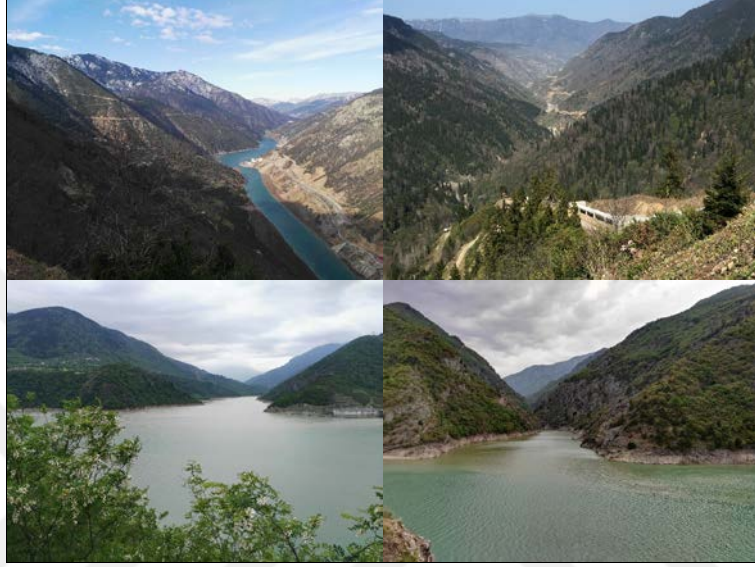
2.1.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olan Borçka Barajı Havzası, Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesinde olup, aşağı Çoruh Nehri Havzası'nda $41^{\circ} 03' 99''$ - $41^{\circ} 21' 10''$ kuzey enlemleri ile $41^{\circ} 26' 57''$ - $41^{\circ} 55' 26''$ doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 6). Havzanın toplam alanı 867 km^2 'dir. Yağış havzası kuzey-güneybatı istikametinde uzanmakta olup, tamamına yakını Artvin ili Borçka, Murgul ve merkez ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır.



Şekil 6. Çalışma alanının genel konumu ve yükseklik grupları haritası

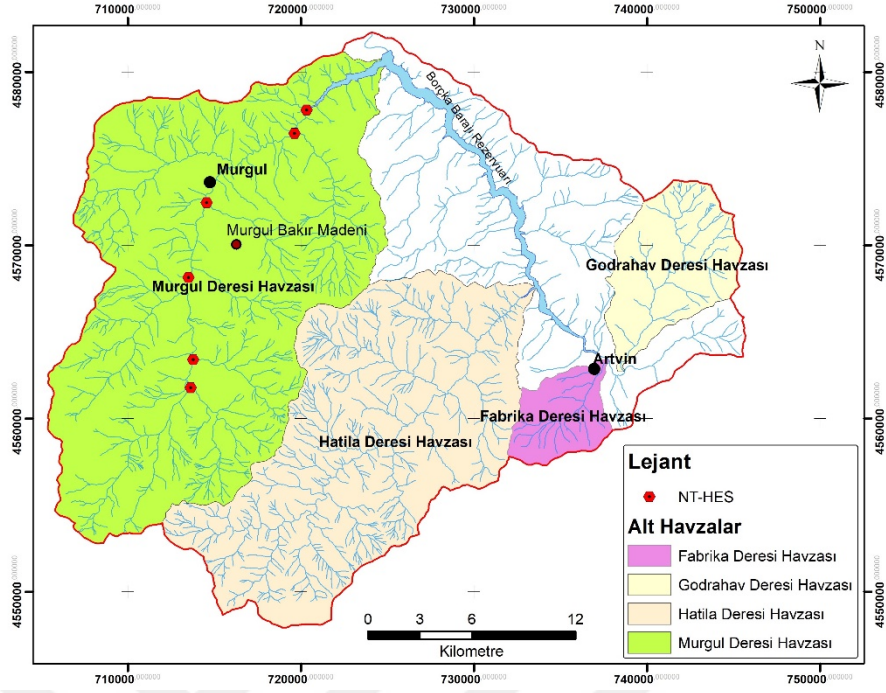
Çalışma alanı içerisinde yer alan, Aşağı Çoruh Havzasının ikinci barajı olan Borçka Barajı ve Rezervuarı Artvin İli, Borçka İlçesinin 2.5 km membasındadır. Yapımı 2006 yılında tamamlanarak 2007 yılında enerji üretmeye başlayan barajın rezervuar alanı 10.84 km² ve yıllık 1039 GWh enerji üretmektedir (DSİ, 2007). Topografik olarak oldukça sarp ve engebeli bir arazi yapısına sahiptir (Şekil 7).



Şekil 7. Çalışma alanından bazı görüntüler (Foto: Saim YILDIRIMER)

2.1.2. Alt Havzalar

Borçka Barajı Havzası farklı kullanım alanlarına sahip 4 büyük alt havzadan (Fabrika, Godrahav, Hatila ve Murgul Deresi Havzaları) oluşmaktadır (Şekil 8). Fabrika Deresi Havzası, Artvin İl merkezinin bulunduğu yapılaşmanın ağırlıklı olduğu bir havzadır. Godrahav Deresi Havzası, yer yer yerleşim birimleri ve tarım alanlarının bulunduğu ve mansabına yakın yerde sanayii bölgesi bulunan bir havzadır. Hatila Deresi Havzası içerisinde Hatila Milli Parkı bulunmaktadır ve havzanın çok büyük bir kısmını teşkil etmektedir. Murgul Deresi Havzası ise içerisinde yerleşim, tarım, maden tesisi ve birbiri ardına kurulu 6 adet nehir tipi hidroelektrik santral (NT-HES) tesisinin bulunduğu bir havzadır.



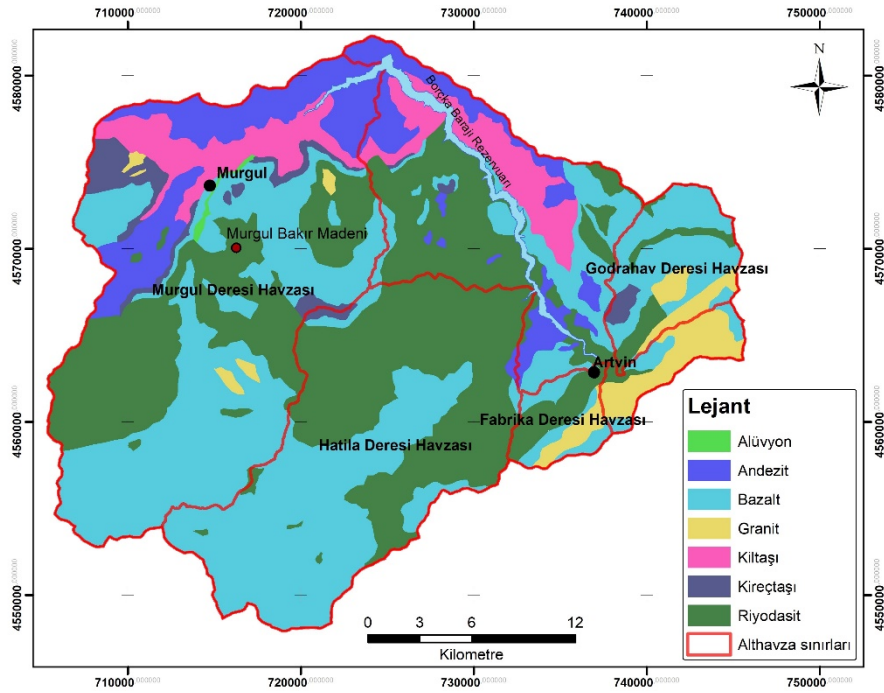
Şekil 8. Çalışma alanı alt havzaları

Havzaların alansal dağılımları içerisinde Murgul Deresi Havzası 362 km² ile en büyük alanı teşkil etmektedir. Hatila, Godrahav ve Fabrika Havzalarının büyüklükleri sırasıyla 233, 53 ve 24 km²' dir.

2.1.3. Jeolojik Yapı

Çalışma alanının içerisinde bulunduğu jeolojik yapı Kuzey Anadolu orojenik kuşağı dâhilinde yer almaktadır. Bölgenin en eski topoğrafyasını oluşturan metamorfik seri, Çoruh Nehrinin aşağı kesimlerinden başlayarak Sirya (Zeytinlik Köyü) üzerinden kuzeydoğuya doğru devam etmektedir (Gattinger, 1962).

Çalışma alanındaki bazalt, riyodasit, andezit ve granit anakayaları püskürük kayalar grubunda, kıltaşı ve kireçtaşı ise tortul kayalar grubunda yer almaktadır (Şekil 9).



Şekil 9. Çalışma alanı anakaya haritası (MTA, 2002)

2.1.4. Bitki Örtüsü

Artvin, floristik olarak Euro-Siberian olarak adlandırılan Avrupa-Sibirya flora bölgesinin Colchis (Kolşik) kesimi içinde yer almaktadır. Yapraklı türlerin daha hakim olduğu bir orman yapısında yükseltiye bağlı iğne yapraklı türler de yer almaktadır (Anşin, 1983).

Çalışma alanı içerisindeki mevcut ağaç türleri Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Doğu Karadeniz göknarı (*Abies nordmanniana* (Stev.) Mattf.), Doğu ladini (*Picea orientalis* L.), Fıstık çamı (*Pinus pinea* L.), Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.), Saplı meşe (*Quercus pedunculata*), Doğu gürgeni (*Carpinus orientalis* Miller), Kızılağaç (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), Titrek Kavak (*Populus tremula* L.), Kestane (*Castanea sativa* Miller), Kafkas ıhlamuru (*Tilia rubra* DC.), Akçaağaç (*Acer* L.), Karaağaç (*Ulmus glabra* Huds.), Yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia*), Kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.), Üvez (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz.) ve Ceviz (*Juglans regia* L.); ağaçcık ve çalı türleri ise Porsuk (*Taxus baccata* L.), Ormangülü (*Rhododendron ponticum* L., *Rhododendron caucasicum* Pallas, *Rhododendron flavum* (L.) Sweet, Ayı üzümü (*Vaccinium arctostaphylos* L.), Karayemiş (*Prunus laurocerasus* L.), Fındık (*Corylus avellana* L.), Çoban püskülü (*Ilex aquifolium* L.), Orman sarmaşığı (*Hedera helix* L.),

Ahlat (*Pyrus elaeagnifolia* Pall.), Kiraz (*Prunus avium* L.), Yabani armut (*Pyrus amygdaliformis* Vill.), Yabani elma (*Malus silvestris* Mill.), Ateş dikeni (*Pyracantha coccinea*), Böğürtlen (*Rubus fruticosus*), Küçük Trabzon hurması (*Diospyros kaki* Thunb.), Kızılcık (*Cornus mas* L.), Muşmula (*Mespilus germanica* L.), Sumak (*Rhus caryaria*) ve Alıç (*Crataegus monogyna* Jacq.); otsu bitkiler ise Eğrelti (*Pteridium* sp.), Orman çileği (*Fragaria vesca* L.), Sığırkuyruğu (*Verbascum* L.), Laden (*Cistus* L.), Isırgan (*Urtica dioica* L.), Papatya (*Inula helenium* L.), Düğün çiçeği (*Ranunculus* sp.), Sarı kantaron (*Hypericum perforatum* L.), Çan çiçeği (*Campanula rotundifolia* L.), Cehri (*Rhamnus catharticus* L.), Kardelen (*Galanthus krasnowii* L.), Yoğurt otu (*Galium* sp. L.), Adaçayı (*Salvia officinalis* L.), Nane (*Mentha* L.), Gelincik (*Papaver rhoeas* L.), Ökse otu, (*Viscum album* L.), Çiğdem (*Colchicum autumnale* L.), Kekik (*Thymus*), Hanımeli (*Lonicera periclymenum*), Sıklamen (*Cyclamen coum* Mill.), Sütleşen (*Euphorbia macroclada* Boiss.), Yüksük otu (*Digitalis ferruginea* L.), Unutmabeni çiçeği (*Myosotis* sp.), Tarak otu (*Morina persica* L.), Güzelavratotu (*Atropa belladonna* L.), Yonca (*Medicago sativa* L.), Çayır otları (*Gramine*), Sahlep (*Orchis* sp.), Kapari (*Capparis spinosa* L.), Koyun yumağı (*Festuca* L.), Adaçayı (*Salvia officinalis* L.), Karaçalı (*Paliurus aculeatus* Lamb.), Üçgül (*Trifolium* L.), Mürver (*Sambucus* L.), Brom (*Bromus* sp.), Kuzukulağı (*Rumex* L.), Geven (*Astragalus* L.), Domuz ayrığı (*Dactylis glomerata* L.) olarak sıralanabilir (Anonim, 1985, 2006a, 2006b, 2006c, 2006d, 2006e; Eminağaoğlu, 2015).

2.1.5. İklim Özellikleri

Artvin İl Merkezi Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu arasında yer aldığından iklim özellikleri itibariyle de bir geçiş özelliği taşımaktadır. Çalışma alanının içerisinde yer aldığı Aşağı Çoruh Vadisi uzanış doğrultusundan (kuzeydoğu-güneybatı) dolayı kıyıdaki nemli hava kütesinin iç kesimlere doğru gelişine elverişli olsa da, Doğu Karadeniz Dağları'nın etkisi ile yükselmekte ve yoğunlaşma ile birlikte yağışın büyük bir bölümü kıyı ile kıyıya yakın konumlarda düşmektedir. Vadi tabanından yamaçlara ve zirve kesimlere doğru yağış değerlerinde görülen artış yükselti ile birlikte bakı şartlarıyla da yakından ilgilidir. Artvin'den itibaren Aşağı Çoruh Vadisi'nin kuzeydoğu-güneybatı doğrultusundaki uzanışı, Karadeniz'in nemli hava kütlelerinden etkilenmekte ve yağış değerleri de kısa mesafelerde değişiklik göstermektedir (Ceylan, 1995).

Artvin İlinin Meteorolojik veri arşivindeki 1989-2018 yılları arasındaki gözlem verilerine göre, Artvin'in yıllık ortalama sıcaklığı 12.48 °C'dir. Yıllık ortalama maksimum sıcaklık en yüksek 16.75 °C, ortalama minimum sıcaklık ise 8.22 °C'dir. Yağış verilerine bakıldığında yıllık ortalama 670.5 mm'dir. Yıllık ortalama yağış miktarının en düşük olduğu ay 27.1 mm ile Ağustos ayı, ortalama yağış miktarının en yüksek olduğu ay ise 87.62 mm ile Ocak ayıdır (Tablo 11) (MGM, 2018).

2.1.6. Sosyo-Demografik Yapı

Çalışma alanı içerisinde yerleşim yeri olarak 5700 nüfuslu Murgul ve 26329 nüfuslu Artvin merkez ilçeleri (TÜİK, 2017) ile çok sayıda köy bulunmaktadır. Tarımsal ürün olarak ceviz, fındık, mısır, yonca, korunga, çayırotu, fasulye, lahana, kiraz, üzüm, elma, kiraz, zeytin, erik, trabzon hurması ve patates gibi ürünler yetiştirilmektedir (AİGTHM, 2016).

Topoğrafik yapı sosyo-ekonomik hayatın şekillenmesinde de oldukça etkili olmuştur. Yerleşimler genellikle vadi içlerine yapılmaya çalışılırken ekonomik faaliyetler vadi yamaçları, etek düzlükleri ve vadi tabanlarındaki alüvyal birikimler üzerinde yoğunlaşmıştır. Yerleşim yerleri ilçe merkezleri, ilçeye bağlı mahalleler, köyler ve köylere bağlı dağınık haldeki mahallelerde bulunmaktadır. Ayrıca orman içi ve civarında dağınık halde münferit evler de çoğunluktadır.

Havzada tarım yapılabilecek arazi yetersiz olup, ailelerin kendi ihtiyaçlarını ancak karşılamakta, geçim kaynağı olarak sınırlı miktardaki ürünü satışa sunmaktadırlar. Köylü nüfusun büyük kısmı ormancılık faaliyetlerinde çalışarak ve hayvancılıkla geçinirler.

Orman içerisindeki ve civarındaki halk tarım faaliyetlerinin yanısıra ormanda gelişi güzel hayvan otlatarak ve orman işlerinde (üretim, nakliyat, yol yapımı, ağaçlandırma) çalışarak geçimlerini sağlamaya çalışmaktadırlar.

Orman içi ve civarında yaşayan halk ormancılık faaliyetleri için yeterli iş gücü sağlayabilmektedir. Halkın ormanlardan faydalanması, üretim işlerinde kesim, taşıma faaliyetleri ile gençlik bakımı, gençleştirme çalışmaları gibi faaliyetlerde olmaktadır. Bütün bu faaliyetler yıllık programlara ve amenajman planlarına göre yapılmaktadır.

Bunun dışında yöre halkı, ormanlardan, zati yakacak ve yapacak ihtiyaçlarını karşılamaktadırlar.

Ormancılık faaliyetlerinde çalışmak ve ormanlardan kanuni hakları dâhilinde yararlanmak dışında, halkın ormanla olan ilişkilerinde, usulsüz otlatma ve faydalanmalar dolayısıyla olumsuz etkileri de olmaktadır.

Hayvan sayısı hakkında net bir rakam vermek mümkün değildir. Büyük ve küçükbaş hayvancılık yapılmaktadır. Ahır hayvancılığı yeni yeni gelişmeye başladığı için, hayvanlar usulsüz otlatılmaktadır. Gençleştirme alanlarının tel çit ile çevrili olduğu yerlerde otlatma zararı asgari düzeye indirilmiştir. Daha düzenli olan büyükbaş hayvancılık, ahır hayvancılığı şeklinde yapılmaktadır. Bu olumlu ve desteklenmesi gerekli bir faaliyettir. Böylece halkın gelir seviyesi yükseltilerek, ormanlar üzerindeki baskılar bir miktar olsa da azalmış olacaktır.

Arıcılık da geçim kaynakları arasında yer almaktadır. Arıcılık çok yaygın ve civarda tanınmış olup, genelde yerli kovanlarla yapılmaktadır. Bu kovanlar ormandaki boylu ağaçlara ve kaya kovuklarına yerleştirilmektedir (Anonim, 1985, 2006a, 2006b, 2006c, 2006d, 2006e).

2.2. Yöntem

2.2.1. Arazi Çalışmaları

Borçka Barajı Havzası'nda su kalitesi, rejimi ve sediment verimi parametrelerinin hesaplanabilmesi ve modellenebilmesi amacıyla Şekil 8'de gösterilen 4 alt havza ve baraj rezervuarından belirlenen toplam 43 örnekleme noktasında Temmuz 2016 – Haziran 2017 tarihleri arasında 12 ay boyunca aylık olarak ölçümler yapılmıştır.

Çalışma alanının toprak özelliklerinin belirlenmesi amacıyla toprak örnekleme çalışmaları 2017 yaz döneminde gerçekleştirilmiştir.

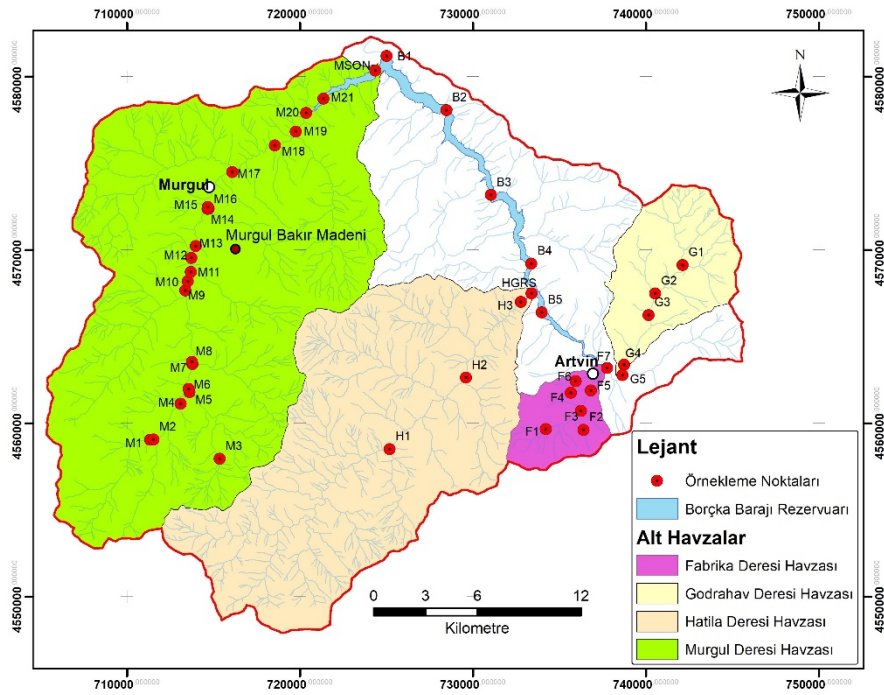
2.2.1.1. Örnekleme Noktalarının Belirlenmesi

Çalışma alanımız olan Borçka Baraj Havzası'nın su kalitesi, su miktarı ve askıda taşınan sediment verilerinin tespit ve izleme çalışmalarının yürütülmesi amacıyla 4 alt

havza ile baraj rezervuarında toplam 43 örnekleme noktası belirlenmiştir (Şekil 10). Örnek alma noktalarının seçiminde hem tüm havzayı temsil edebilmek hem de gereksiz zaman ve iş gücü kaybına neden olmamak önem taşımaktadır. Örnekleme noktalarının belirlenmesinde;

- havzanın drenaj durumu,
- arazi kullanım türleri,
- noktasal kirletici kaynakların lokasyonları

gibi özelliklerin göz önüne alınarak uygulandığı yöntemler önerilmektedir (Sharp, 1970; Gündoğdu, 1991; Alpaslan ve Harmancıoğlu, 1993).



Şekil 10. Örnekleme noktaları

2.2.1.1.1. Murgul Deresi Havzası Örnekleme Noktaları

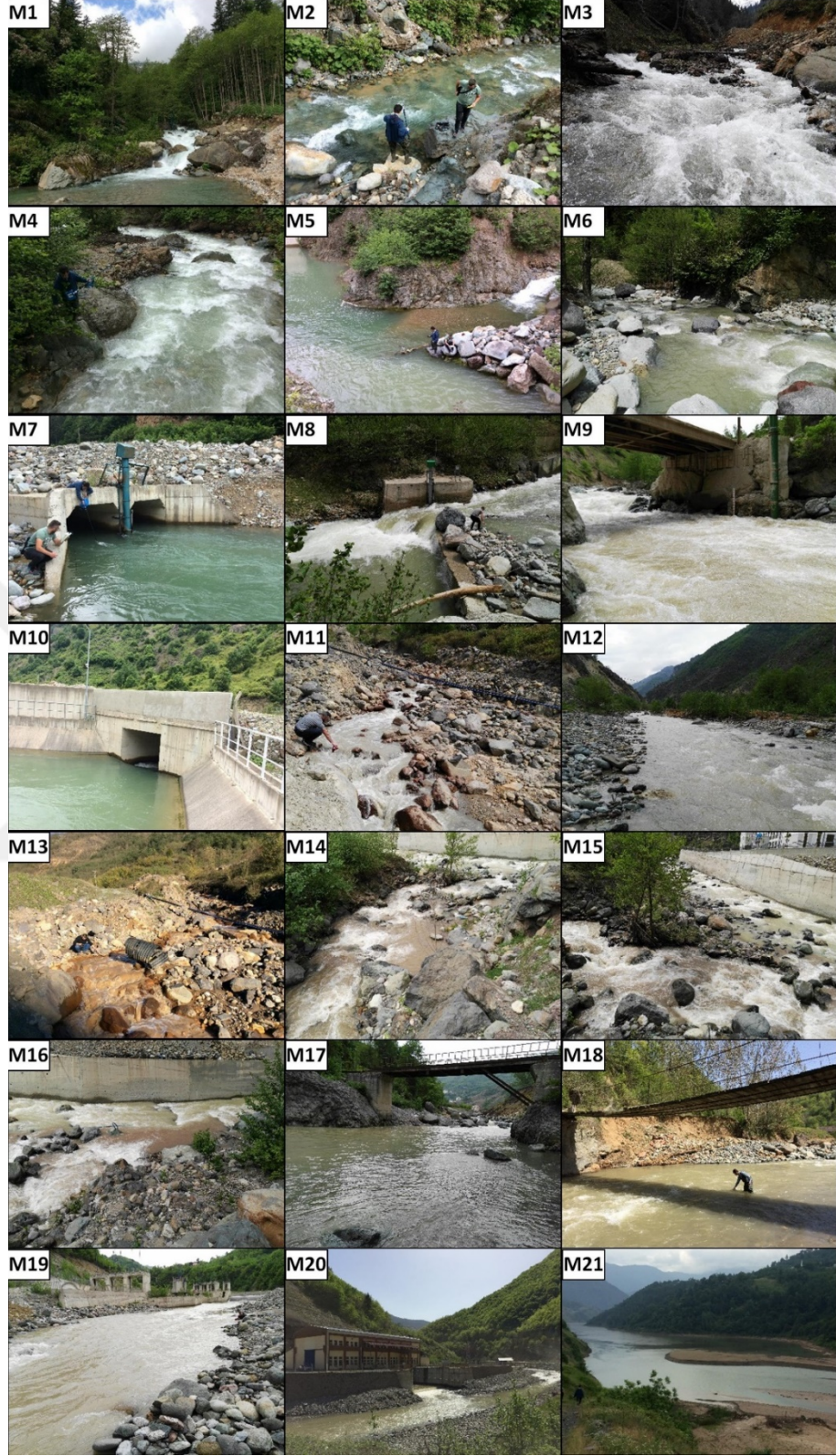
Murgul Deresi Havzası içerisinde yerleşim, tarım, maden tesisi ve birbiri ardına kurulu 6 adet nehir tipi hidroelektrik santral (NT-HES) tesisinin bulunduğu bir havzadır. Su kalitesi örnekleme noktalarının belirlenmesine yönelik ölçütlerin bu havzada çok sayıda olmasından dolayı örnekleme nokta sayısı 21 olarak belirlenmiştir (Şekil 10 ve

Tablo 4). Su 6rnekeme noktalarının belirlenmesinde havzanın en 6st6ndeki NT-HES tesisinin su alma yapıları olan reg6lat6r girişlerinin daha 6st6nden başlamak 6zere birbiri ardına kurulu olan NT-HES tesislerinin kuyruk suyu 6ıkışları, iki tesis arasındaki can suyu bırakılan noktalar, reg6lat6r girişleri, maden atık barajı ve maden sahası 6ıkış noktaları, şehir yerleşimi giriş ve 6ıkış noktaları, yan dere kollarının birleşim noktaları gibi lokasyonlar g6z 6n6ne alınmıştır (şekil 11).



Tablo 4. Murgul Deresi Havzası Örnekleme Noktaları

No	Rumuz	Adı	YSİ		Koordinatlar	
			Professional Plus cihazı ile yapılan ölçümler	Test Kitleri ile yapılan ölçümler	UTM ED50	UTM ED50
					X	Y
1	M1	Kunsu Deresi	x	-	711347	4559064
2	M2	Kunsu Regülatör Sonrası	x	-	711535	4559066
3	M3	Köpürten Deresi	x	-	715363	4557956
4	M4	Kunsu Deresi Çakırlar HES Arası	x	-	713118	4561130
5	M5	Çakırlar HES Kuyruk Suyu Çıkışı	x	-	713625	4561789
6	M6	Kabaca HES Reg. Sonrası	x	-	713567	4561996
7	M7	Kabaca HES Kuyruk Suyu Çıkışı	x	-	713778	4563421
8	M8	Cansu HES Reg. Sonrası	x	x	713764	4563550
9	M9	Muruvan-Kabaca Birleşim sonrası	x	-	713383	4567673
10	M10	Cansu HES Kuyruk Suyu Çıkışı	x	-	713503	4568211
11	M11	Maden Atık Barajı Çıkışı	x	x	713673	4568779
12	M12	Murgul HES Reg. Sonrası	x	-	713735	4569541
13	M13	Maden Çıkışı	x	x	713986	4570233
14	M14	Damar Deresi Çıkışı	x	-	714730	4572392
15	M15	Murgul-Damar Birleşim Öncesi	x	-	714672	4572374
16	M16	Murgul Yerleşim Yeri Öncesi	x	x	714675	4572484
17	M17	Murgul Yerleşim Yeri Sonrası	x	x	715993	4574505
18	M18	Kokolet Deresi Birleşim Öncesi	x	-	718560	4576038
19	M19	Kokolet Deresi Birleşim Sonrası	x	-	719755	4576833
20	M20	Yayla HES Kuyruk Suyu Çıkışı	x	x	720365	4577909
21	M21	Murgul Deresinin Baraja Ulaştığı Nokta	x	-	721359	4578732



Şekil 11. Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarından görüntüler (Foto: Saim YILDIRIMER)

2.2.1.1.2. Fabrika Deresi Havzası Örnekleme Noktaları

Fabrika Deresi Havzası Artvin İl merkezinin bulunduğu yapılaşmanın ağırlıklı olduğu bir havzadır. İl merkezinin bulunduğu alanın hemen üzerinde havzanın yukarısına doğru tarımsal alanlar, balık çiftliği, kent park alanı gibi alanlar mevcuttur. Örnekleme noktaları Fabrika Deresi üzerinde en üst noktadan başlamak üzere 4 nokta, şehir yerleşim yeri içerisindeki yan dere kollarından 3 nokta olmak üzere toplam 7 nokta belirlenmiştir (Şekil 10 ve Tablo 5).

Tablo 5. Fabrika Deresi Havzası Örnekleme Noktaları

No	Rumuz	Adı	YSİ Professional Plus cihazı ile yapılan ölçümler	Test Kitleri ile yapılan ölçümler	Koordinatlar UTM ED50	
					X	Y
1	F1	Fabrika Deresi Artvin yerleşim yeri üstü 1	x	-	734224	4559680
2	F2	Fabrika Deresi yan kolu Naşop mevki	x	-	736396	4559628
3	F3	Fabrika Deresi Artvin yerleşim yeri üstü 2	x	x	736250	4560724
4	F4	Fabrika Deresi Artvin yerleşim yeri içi yan kolu 1	x	-	735672	4561765
5	F5	Fabrika Deresi Artvin yerleşim yeri içi	x	-	736829	4561901
6	F6	Fabrika Deresi Artvin yerleşim yeri içi yan kolu 2	x	-	735948	4562436
7	F7	Fabrika Deresi mansabı	x	x	737758	4563199

2.2.1.1.3. Godrahav Deresi Havzası Örnekleme Noktaları

Godrahav Deresi Havzası yer yer yerleşim birimleri ve tarım alanlarının bulunduğu bir havza olması yanında mansabına yakın yerde Artvin Büyük Sanayi Sitesine de ev sahipliği yapmaktadır. Havzaya ait bu kullanım şekilleri göz önüne alınarak mabdan mansaba toplam 5 örnekleme noktası belirlenmiştir (Şekil 10 ve Tablo 6).

Tablo 6. Godrahav Deresi Havzası Örnekleme Noktaları

No	Rumuz	Adı	YSİ Professional Plus cihazı ile yapılan ölçümler	Test Kitleri ile yapılan ölçümler	Koordinatlar UTM ED50	
					X	Y
1	G1	Godrahav Deresi nokta 1	x	-	742121	4569142
2	G2	Godrahav Deresi nokta 2	x	-	740539	4567495
3	G3	Godrahav Deresi nokta 3 eski alabalık tesisi	x	x	740163	4566254

4	G4	Godrahav Deresi nokta 4 sanayii tesisinin üstü	x	-	738748	4563394
5	G5	Godrahav Deresi mansabı sanayii tesisinin çıkışı	x	-	738652	4562793

2.2.1.1.4. Hatila Deresi Havzası Örnekleme Noktaları

Hatila Deresi Havzası'nın büyük bir kısmını Hatila Milli Parkı teşkil etmektedir. İçerisinde milli park bulunması sebebiyle yerleşim yeri çok azdır ve sınırlı alanda yapılan bağ-bahçe işlerine ek olarak özellikle bu havzada önemli bir gelir kapısı olan arıcılık dışında insan kaynaklı bir faaliyet bulunmamaktadır. Bu nedenle, bu havzadan sadece 3 örnekleme noktası belirlenmesi yeterli bulunmuştur (Şekil 10, ve Tablo 7).

Tablo 7. Hatila Deresi Havzası Örnekleme Noktaları

No	Rumuz	Adı	YSİ Professional Plus cihazı ile yapılan ölçümler	Test Kitleri ile yapılan ölçümler	Koordinatlar UTM ED50	
					X	Y
1	H1	Hatila Deresi nokta 1	x	-	725186	4558522
2	H2	Hatila Deresi nokta 2	x	-	729600	4562643
3	H3	Hatila Deresi mansabı	x	x	732780	4567011

2.2.1.1.5. Borçka Baraj Rezervuarı Örnekleme Noktaları

Baraj rezervuarı üzerinde; 5 tanesi baraj göledinin ortasından ve yaklaşık eşit aralıklara sahip noktalardan, 2 tanesi ise Hatila ve Murgul Derelerinin baraja çıkış yaptığı noktalardan olmak üzere toplam 7 örnekleme noktası belirlenmiştir (Tablo 8).

Tablo 8. Borçka Baraj Rezervuarı Örnekleme Noktaları

No	Rumuz	Adı	YSİ Professional Plus cihazı ile yapılan ölçümler	Test Kitleri ile yapılan ölçümler	Koordinatlar UTM ED50	
					X	Y
1	B1	Baraj nokta 1 baraj gövdesinin yanı	x	x	725021	4581197
2	B2	Baraj nokta 2	x	x	728470	4578076
3	B3	Baraj nokta 3	x	x	731048	4573184
4	B4	Baraj nokta 4	x	-	733386	4569220
5	B5	Çoruh Nehrinin baraj rezervuarı ile birleştiği nokta	x	x	733989	4566402
6	MSON	Baraj rezervuarının Murgul Deresine uzanan kolu	x	x	724370	4580355
7	HGRS	Baraj rezervuarının Hatila Deresine uzanan kolu	x	-	733392	4567494

2.2.1.2. Su Kalitesi Parametrelerinin Ölçümü

Belirlenen ölçüm noktalarında pH değerleri Hach-Lange HQ40D ölçüm cihazı ile tespit edilirken, çözülmüş oksijen (DO), toplam çözülmüş madde (TDS), amonyum (NH_4), amonyum azotu ($\text{NH}_4\text{-N}$), nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$), tuzluluk, iletkenlik, sıcaklık parametreleri ise taşınabilir bir su kalitesi ölçüm cihazı olan YSI/Professional-Plus ile ölçülmüştür.

2.2.1.3. Su Örneklerinin Alınması

Ölçüm yapılan noktalardan 1 litrelik amber renkli polietilen kaplar içinde alınan su numuneleri laboratuvar ortamına getirilmiştir. Su örnekleri alınırken su numune kabı en az iki kere alınan yerdeki su ile çalkalanarak su yüzeyinin altından doldurulmuştur (Şekil 12). Baraj rezervuarından su numunesi alma işleminde yine numune kabı en az iki kez çalkalandıktan sonra su yüzeyinin en az 20-30 cm altından (Clesceri ve ark., 1999; Madrid ve Zayas, 2007) doldurulmuştur (Şekil 12).



Şekil 12. Su numunesi alınması (Foto: Şenol Osmanaoglu)

Örnekler, laboratuvarında buzdolabına konulana kadarki transfer sürecinde içerisindeki biyokimyasal reaksiyonları minimum seviyede tutmak, sıcak havalarda güneş ışığına maruz bırakmamak ve ısınmaya karşı korumak için soğuk taşıma çantasında muhafaza edilmiştir.

2.2.1.4. Akım Ölçümü

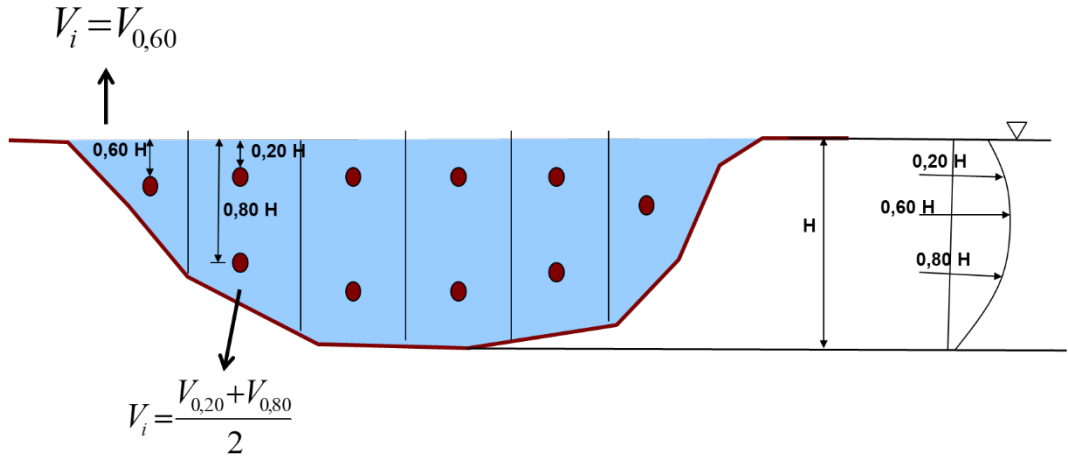
Bilindiği üzere, bir havzadaki su verimi, su rejimi ve su kalitesine etki eden parametrelere ait yüklerin miktarı ve toplam askıda taşınan sediment değerleri, o

havzadaki akarsulara ait debi değerleri olmadan detaylı ve uzun süreli olarak hesaplanamamaktadır. Bundan dolayı, tüm alt-havzaların ölçüm noktalarında birim alandan geçen su miktarı (debi), su hızı ve akarsu yatağının alanı ilişkisinden yola çıkarak hesaplanmıştır. Bu amaçla, belirlenen örnekleme noktalarında taşınabilir “FLOWATCH 2 JDC” marka cihaz ile öncelikle akım hızı ölçülmüştür (Şekil 13).



Şekil 13. Deredeki su akım hızının ve en kesitinin ölçülmesi (Foto: Şenol Osmanaoglu)

Örnekleme noktalarındaki aylık debi ölçümleri hız-alan yöntemine göre hesaplanmıştır. Bu yöntemle göre derin ($H > 50$ cm) akarsularda kesit alandaki ortalama hızın bulunabilmesi için, su derinliğinin %20'sinde ve %80'inde hız ölçümü yapılarak (Şekil 14) bu ölçümlerin ortalaması alınmaktadır. Derinliğin az olduğu sığ sularda ($H < 50$ cm) su yüzeyinden itibaren su derinliğinin %60'ında ölçülen hız ortalama hız kabul edilmektedir (Ardıçoğlu ve ark., 2011).



Şekil 14. Akarsu enkesitinde ortalama akım hızının ölçülmesi

$$V_i = V_{0.60} \quad (2)$$

$$V_i = \frac{V_{0.20} + V_{0.80}}{2} \quad (3)$$

$$A_i = b_i \times H_i \quad (4)$$

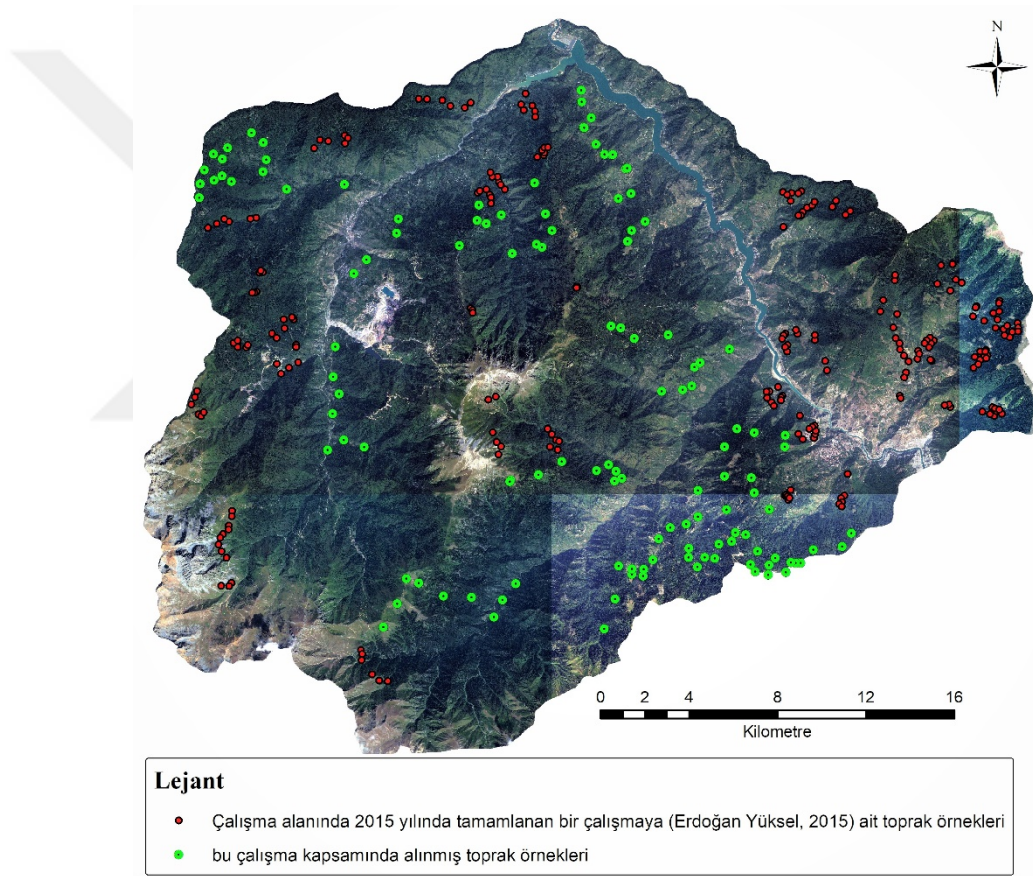
$$Q = \sum_{i=1}^n V_i A_i \quad (5)$$

Literatürde belirtilen bu yöntemler baz alınarak çalışma alanındaki akarsulara ait ortalama hız (V) ve debi (Q) hesaplamaları (5)'de belirtilen formül ile hesaplanmıştır. Formüldeki ifadeye göre akarsuyun birim kesitinden geçen debi, kesitin bölümlere ayrılan her bir diliminde hesaplanan debilerin toplanmasıyla elde edilmektedir. Kesitteki dilimlere ait ortalama hız ölçümleri $H < 50$ cm ise (2), $H > 50$ cm ise (3)'te verilen ifadelerle hesaplanmaktadır. Kesitteki dilimlere ait alanlar (4)'te belirtilen ifade ile hesaplanmaktadır. Bu ifade de b_i dilim genişliğini, H_i dilim yüksekliğini ifade etmektedir.

2.2.1.5. Toprak Örneklerinin Alınması

Araştırmaya konu olan havzanın oldukça geniş bir sahayı kapsadığı düşünüldüğünde, tüm alanı temsil edecek sayıda toprak örneği alınması çalışmanın amacına ulaşması açısından oldukça önemlidir. Bu açıdan bakıldığında, Borçka Barajı Havzası'nda 2015 yılında tamamlanan ve çalışmalar kapsamında bu tez yazarının da araştırmacı olarak bulunduğu Artvin Çoruh Üniversitesi BAP destekli (Ek Tablo - 53) bir projeye

(Erdoğan Yüksel, 2015) ait toprak örnekleri ile bu örneklere ait bazı analiz verilerinin kullanılması hem zaman hem de ekonomik olarak uygun bulunmuş ve böylece o çalışmada alınan 240 adet toprak örneğine ait veriler bu çalışmada da kullanılmıştır. Ancak, bu örneklere ek olarak alanı daha iyi temsil edebilmek için önceki araştırmada örnekleme yapılmayan alanlardan arazi kullanım durumu göz önünde bulundurularak (orman, tarım ve mera) 0-10 cm derinlik kademesinden poşet (bozulmuş) ve silindir (100 cm³) (bozulmamış) olmak üzere yaklaşık 129 adet toprak örneği daha alınmıştır (Şekil 15). Böylece, tüm havzayı temsil edecek şekilde toplamda 369 adet toprak örneği ve bu örneklere ait veriler kullanılmıştır.



Şekil 15. Çalışma alanından alınan toprak örnekleme noktaları

Toprak örnekleri, rastgele örnekleme metoduna göre arazi kullanım şekilleri ve topografik koşullar dikkate alınarak araziyi en iyi şekilde temsil edebilecek noktalardan alınmıştır. Örnekleme sırasında bakı, eğim, kapalılık durumu, ölü örtünün birikme ve ayrışma durumu bakımından ortalama özellikte yerler seçilmiştir.

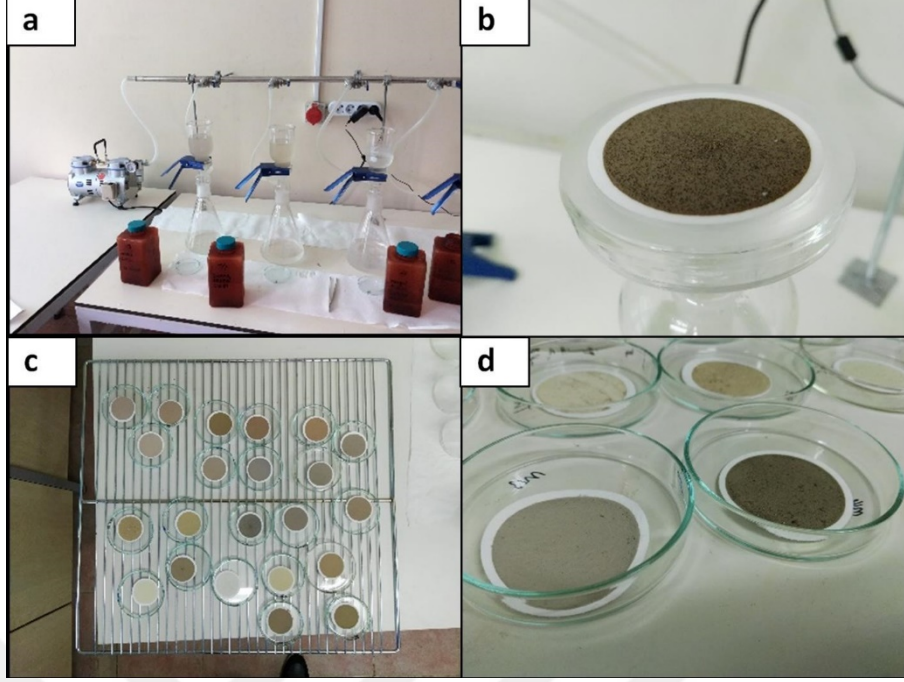
Bozulmuş toprak örnekleri alınırken belirlenen örnekleme noktalarında 0 – 10 cm derinlik kademesinden kürek yardımıyla yaklaşık 1 kg toprak poşet örneği alınmıştır. Bozulmamış toprak örnekleri alınırken Eijkelkamp 100 cm³'lük silindir toprak örneği alma seti kullanılmıştır.

2.2.2. Laboratuvar Çalışmaları

2.2.2.1. Su Örneklerinin Analizi

2.2.2.1.1. Askıda Katı Madde Tayini

Örnekleme noktalarından alınan su numunelerindeki askıda katı madde (AKM) miktarını belirlemek için American Public Health Association (APHA) tarafından yayınlanan “Standard Method for Examination of Water and Wastewater” kaynağında (Clesceri ve ark., 1999) belirtilen filtrasyon yöntemi kullanılmıştır. Su örnekleri askıda katı madde vakum filtrasyon düzeneği (altılık set) kullanılarak sabit tartıma getirilmiş gözenek (por) çapı 0.8 µm olan 47 mm çaplı Whatman marka cam yünü elyaf filtreler kullanılarak filtre edilmiştir. Filtre işleminden sonra filtreler 105 °C’de 1 saat etüvde kurutulduktan sonra desikatöre alınarak oda sıcaklığına getirildikten sonra Radwag marka 0.0001 gr hassasiyetli hassas terazide tartılmıştır (Clesceri ve ark., 1999) (Şekil 16).



Şekil 16. AKM miktarının ölçülmesi (Foto: Saim YILDIRIMER)

Filtreleme ve kurutma işlemleri tamamlanan askıda katı madde miktarı (6)'daki eşitliğe göre mg cinsinden hesaplanmıştır.

$$AKM(mg/l) = \frac{(A-B) \times 1000}{V} \quad (6)$$

AKM miktarının ölçülmesi işlemi ve yukarıdaki eşitlikte (6) belirtilen ifadeler sırasıyla maddeler halinde aşağıda belirtilmiştir.

- Filtre kâğıdı etüvde 30-40 dakika kadar 105 °C'de kurutulur.
- Kurutma süresi sonunda filtre kâğıdı, soğuyuncaya kadar (20-30 dakika) desikatörde bekletilir.
- Kurutulmuş olan filtre kâğıdı temiz ve kuru bir cımbız ile dikkatlice alınarak hassas teraziye yerleştirilir ve tartılır (ilk tartım: B).
- Tartılmış olan filtre kâğıdı temiz ve kuru bir cımbız ile dikkatlice süzme düzeneğindeki yerine yerleştirilir.
- Süzme hunisine hacmi bilinen miktarda numune boşaltılır (V, ml).
- Vakum pompası süzme hunisinde bulunan numune bitinceye kadar çalıştırılır.

- Filtre kâğıdı süzme düzeneğinden temiz ve kuru bir cımbız ile dikkatlice çıkartılır ve etüve yerleştirilir.
- Etüvdeki filtre kâğıdı 24 saat kurutma işlemine tabi tutulur.
- Kurutma süresi sonunda filtre kâğıdı, soğuyuncaya kadar (20-30 dak) desikatörde bekletilir.
- Kurutulmuş olan filtre kâğıdı temiz ve kuru bir cımbız ile dikkatlice hassas teraziye yerleştirilir ve tartılır (ikinci tartım: A).

2.2.2.1.2. Spektrofotometre ile Yapılan Ölçümler

Kimyasal su kalitesi parametrelerinden sülfat (SO_4), orto-fosfat (PO_4-P) ve toplam azot (TN) testleri Artvin Çoruh Üniversitesi Bilim-Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Spektroskopi Laboratuvarında Hach Lange test kitleri ile yapılmıştır.

Tablo 9. Spektrofotometrede kullanılan test kitleri

Ürün numarası	Parametre	Ölçüm aralığı	Metot
2106769	Sülfat	2 – 70 mg/L SO_4	SulfaVer 4, türbidimetrik
LCK349	Fosfat, orto + toplam	0.05 – 1.5 mg/L PO_4-P	Fosformolibden Mavisi Koroleff Sindirimi (Peroksodisülfat) ve 2.6 Dimetilfenol ile
LCK138	Toplam azot (LATON)	1 – 16 mg/L TN	Fotometrik Saptama

Kullanılan Hach Lange test kitlerinin (Tablo 9) okumaları Hach Lange marka DR3900 model spektrofotometre ile yapılmıştır (Şekil 17).



Şekil 17. Hach Lange küvet testleri ile spektrofotometrede ölçüm yapılması (Foto: Saim YILDIRIMER)

Spektrofotometrik analizler için filtrasyon işleminden geçirilen su numuneleri 250 ml'lik polietilen şişelere konularak analiz yapılacak laboratuvara götürülmüştür.

Fosfat ve toplam azot küvet testlerinde spektrofotometre okumasından önce numune hazırlık aşamasında yakma işlemine tabi tutulması gerekmektedir (H-LANGE, 2014). Bunun için ilgili küvet testin yöntemine göre hazırlanan numuneler Hach Lange marka LT200 model termoreaktörde Hach Lange uygulama prosedüründe belirtilen sıcaklık ve sürede yakma işlemine tabi tutulmuştur (H-LANGE, 2014).

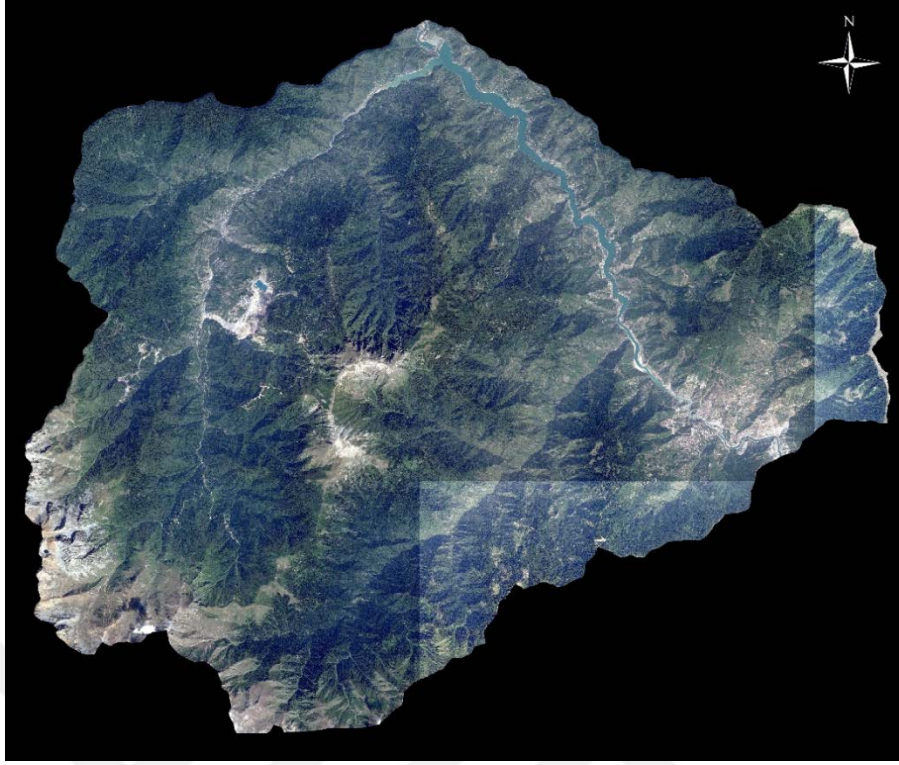
2.2.2.2. Toprak Örneklerinin Analizi

Çalışma alanında belirlenen noktalardan alınan toprak örnekleri laboratuvarında serilerek kurutulmuştur. Bu şekilde hava kurusu hale gelen toprak örneklerinden kök parçaları ve büyük taş parçaları ayıklanarak havanda öğütülmüştür. Öğütülen toprak 2 mm çaplı elekten geçirilerek fiziksel ve kimyasal analize hazır hale getirilmiştir.

Toprak örneklerinin tekstür tayini hidrometre yöntemine göre yapılmıştır (Gee ve ark., 1986). Geçirgenlik (permeabilite) tayini için strüktürü bozulmamış 100 cm³'lük silindir toprak örnekleri kullanılmıştır (Mualem, 1986). Toprak örneklerinin maksimum su tutma kapasitesi belirlemek için geçirgenlik tayininden sonra su ile doymun hale gelen silindir toprak örneklerinin ağırlıkları ile fırın kurusu hale geldikten sonraki ağırlıkları arasındaki fark kullanılmıştır. Hacim ağırlığı fırın kurusu toprak ağırlığının silindir hacmine oranı ile belirlenmiştir (Smith ve Mullins, 2000). Organik madde miktarının tayini ise ıslak yakma yöntemine göre belirlenmiştir (Sparks ve ark., 1996).

2.2.3. Uydu Görüntüsü

Çalışma alanına ait arazi kullanım haritasının oluşturulması amacıyla alana ait 2015 yılı eylül ayında çekilmiş 1.5 m yersel çözünürlüklü SPOT 7 uydu görüntüsü kullanılmıştır (Şekil 18).



Şekil 18. Çalışma alanına ait SPOT 7 uydu görüntüsü

Uydu görüntüsünün sınıflandırılmasında ArcGIS 10.3.1 CBS yazılımı kullanılmıştır. Gerekli geometrik düzeltmeleri ve rektifiye işlemleri yapılmış raster formattaki uydu görüntüsü üzerindeki vektörleştirme işlemi elle ekran üzerinden (manuel on-screen) sayısallaştırma yöntemiyle yapılmıştır.

2.2.4. Su Kalitesi Parametrelerinin İstatistiksel Analizi

Çalışma alanındaki örnekleme noktalarına ait su kalitesi parametrelerinin birbirleriyle ilişkisini tespit etmek amacıyla korelasyon analizi yapılmıştır (Tablo 27, 28, 29, 30). Korelasyon analizinde parametrelerin birbirleriyle ilişkisi, her havzanın kendi içerisindeki noktalara göre değerlendirilmiştir. Havzalar, yağış alanı, ortalama yükseklik, dairesellik oranı, uzama oranı, eğim ve bakı durumu gibi karakteristikler bakımından birbirlerinden farklı olması nedeniyle kendi aralarında su kalitesi parametrelerinin ilişkisine göre değerlendirilmemiştir. Su kalitesi parametreleri bakımından havzalar, örnekleme zamanları ve örnekleme noktaları arasındaki farklılıkların belirlenebilmesi için ise varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Varyans analizi sonuçları bakımından anlamlı bulunan sonuçlar grafikler ile gösterilmiştir. İstatistiksel analizler JMP 5.0 paket program ile yapılmıştır (JMP, 2007).

2.2.5. SWAT Modelinin Çalışma Alanına Uygulanması

2.2.5.1. Veri Dosyalarının Hazırlanması

SWAT modelinin çalıştırılması için gerekli dosyalar çalışma alanına ait sayısal yükseklik modeli, bitki örtüsü/arazi kullanımı verileri, toprak özellikleri haritası ve meteorolojik verilerden oluşmaktadır. Modelin çalışabilmesi için zorunlu olan bu verilerin yanı sıra su kalitesinin modellenebilmesi için su kalitesi parametrelerine ait veri dosyası da hazırlanmıştır. Bu verilerin kaynağı ve temin edilmesi ayrı başlıklar altında aşağıda kısaca açıklanmıştır.

2.2.5.1.1. Sayısal Yükseklik Haritası

Raster veri formatındaki Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) haritaları hücreli (piksel) olarak temsil edilen mekânsal verilerdir. Bu haritalar, coğrafi referans değerine ve yükseklik (Z) verisine sahiptir (Akkaya Aslan ve ark., 2004). SWAT modeli gibi çoğu modelleme yazılımlarında temel veri setlerinden biri olan SYM, modelde altlık olarak kullanılarak havza sınırları, drenaj alanları, eğim durumu gibi birçok parametrenin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Çalışma alanına ait SYM haritasının oluşturulması amacı ile alanın içerisinde kalan F46-b3, c2, c3, F47-a3, a4, b3, b4, c1, c2, c3, c4, d1, d2, d3, d4 paftalarına ait eşyüksekti verilerini içeren “e00” dosyaları Harita Genel Komutanlığı’ndan temin edilmiştir. Elde edilen verilerden türetilen eşyüksekti paftaları ArcGIS 10.3.2 programının mozaik komutu kullanılarak kendi içinde birleştirilmiştir. Türetilen tek parça eşyüksekti eğrisi haritasından yine ArcGIS 10.3.2 programı kullanılarak SYM haritası elde edilmiştir.

2.2.5.1.2. Drenaj Ağı

Çalışma alanına ait drenaj ağı haritası 1/25000’lik topoğrafik memleket paftalarından elle (manuel olarak) ekran üzerinden sayısallaştırma yöntemiyle türetilmiştir.

2.2.5.1.3. Toprak Verileri

Çalışma alanında belirlenen noktalardan ve alanda daha önce yapılmış olan çalışmadan (Erdoğan Yüksel, 2015) elde edilen toprak özellikleri modelin veri giriş formatına uygun olarak hazırlanmıştır.

2.2.5.1.4. Arazi Kullanım Durumu

Arazi kullanım haritası alana ait 2015 yılı Eylül ayında çekilmiş 1.5 m yersel çözünürlüklü SPOT 7 uydu görüntüsünün sayısallaştırılıp sınıflandırılması ile elde edilmiştir. Bu sınıflandırmaya göre arazi kullanım şekilleri ve kapladığı alanlar Tablo 10'da belirtilmiştir.

Tablo 10. Çalışma alanının uydu görüntüsüne göre sınıflandırılmış arazi kullanım şekilleri ve alansal dağılımları

Arazi Kullanım Şekli	Murgul D. Havzası		Hatıla D. Havzası		Fabrika D. Havzası		Godrahav D. Havzası	
	Tüm MDH Alanına		Tüm HDH Alanına		Tüm FDH Alanına		Tüm GDH Alanına	
	Alan (ha)	Oranı (%)	Alan (ha)	Oranı (%)	Alan (ha)	Oranı (%)	Alan (ha)	Oranı (%)
Orman	27398.4	75.6	18477.9	79.2	2109.74	86.71	4480.89	84.38
Orman İçi	562.6	1.6	149.7	0.6	36.22	1.49	153.75	2.9
Açıklık (OT)								
Mera	5996.2	16.6	4674.1	20	0	0	194.5	3.66
Yerleşim	194.2	0.5	0.3	0	161.69	6.65	93.92	1.77
Ziraat	1586.9	4.4	30.5	0.1	124.99	5.14	387.07	7.29
Maden Sahası	324.5	0.9	0	0	0	0	0	0
Su	160.9	0.4	7.4	0	0.36	0.01	0	0
Toplam	36223.8	100	23339.9	100	2433.01	100	5310.12	100

2.2.5.1.5. Meteorolojik Veriler

Modelin kurulum aşamasında ihtiyaç duyulan meteorolojik veriler Artvin Meteoroloji İstasyonu Müdürlüğü'nün çalışma alanı içerisinde yer alan Artvin 17045 isim ve numaralı meteoroloji istasyonundan temin edilmiştir. Elde edilen veriler 1989-2018 yılları arasını kapsayan 30 yıllık veri setinden oluşmaktadır. Bu meteoroloji istasyonundan SWAT modelinin ihtiyaç duyduğu yağış, rüzgâr hızı, solar radyasyon,

bağıl nem ve sıcaklık gibi günlük periyotta kaydedilen veriler elde edilmiştir. Her bir parametreye ait değerler yıl ve ay sıralamasında tek sütun olacak şekilde txt dosyası olarak hazırlanmıştır. Sonrasında meteorolojik verilerin Tablo 11’de gösterilen istatistiksel değerleri hesaplanarak “WGEN” dosyası hazırlanarak SWAT modeline ait meteorolojik veri seti hazırlanmıştır.

Tablo 11. Artvin 17045 istasyonuna ait meteorolojik verilerin istatistiksel değerleri

parametre/ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
TMPMX	5.62	7.74	11.96	17.31	21.08	23.56	25.45	26.13	23.51	19.12	12.43	7.07	16.75
TMPMN	-0.26	0.23	2.70	6.73	10.74	14.01	16.71	17.32	13.93	10.27	4.94	1.33	8.22
TMPSTDMX	3.89	5.16	6.06	6.11	5.45	4.24	4.04	3.75	4.75	5.01	4.58	4.14	4.77
TMPSTDMN	2.99	3.52	3.55	3.72	3.24	2.54	2.34	2.31	2.96	3.25	3.43	3.35	3.10
PCPMM	87.62	66.69	57.10	46.79	47.00	46.30	33.62	27.10	33.83	62.86	82.59	79.00	55.88
PCPSTD	7.72	6.18	4.42	3.24	3.30	3.58	3.30	3.10	3.21	5.25	7.67	6.49	4.79
PCPSKW	5.06	4.25	5.10	2.91	3.61	3.50	4.62	7.07	4.21	4.40	4.92	4.03	4.47
PR_W1	0.23	0.24	0.26	0.26	0.26	0.22	0.16	0.15	0.15	0.20	0.18	0.21	0.21
PR_W2	0.53	0.54	0.48	0.49	0.48	0.47	0.40	0.34	0.42	0.51	0.55	0.51	0.48
PCPD	10.31	9.52	10.28	10.07	10.21	8.80	6.38	5.62	6.21	8.86	8.66	9.41	8.69
RAINHHMX	9.14	7.20	5.57	4.22	4.05	4.74	4.06	4.14	4.07	7.13	9.00	8.77	6.01
SOLARAV	4.69	7.76	11.05	14.72	17.70	19.85	19.63	17.91	14.25	8.80	6.15	4.20	12.23
DEWPT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WNDVAV	1.08	1.27	1.53	1.48	1.35	1.64	1.80	1.70	1.35	0.92	0.98	1.03	1.34

TMPMX	: Aylık maksimum sıcaklık ortalamaları (°C)
TMPMN	: Aylık minimum sıcaklık ortalamaları (°C)
TMPSTDMX	: Aylık maksimum sıcaklıkların standart sapması (°C)
TMPSTDMN	: Aylık minimum sıcaklıkların standart sapması (°C)
PCPMM	: Aylık yağışların ortalaması (mm)
PCPSTD	: Ay içinde günlük yağışların standart sapması (mm/day)
PCPSKW	: Aylık yağışların çarpıklık katsayısı
PR_W1	: Yağışlı gün sonrası kurak gün olasılığı
PR_W2	: Yağışlı gün sonrası yağışlı gün olasılığı
PCPD	: Ay içinde yağışlı gün sayısının ortalaması
RAINHHMX	: Ay içinde maksimum 0.5 saatlik yağış (Kayıt periyodunun tamamı için) (mm)
SOLARAV	: Ay içinde günlük solar radyasyonun ortalaması (MJ/m ² /day)
DEWPT	: Aylık ortalama çığ noktası (°C) veya Aylık oransal nem miktarı
WNDVAV	: Aylık ortalama rüzgar hızı (m/s)

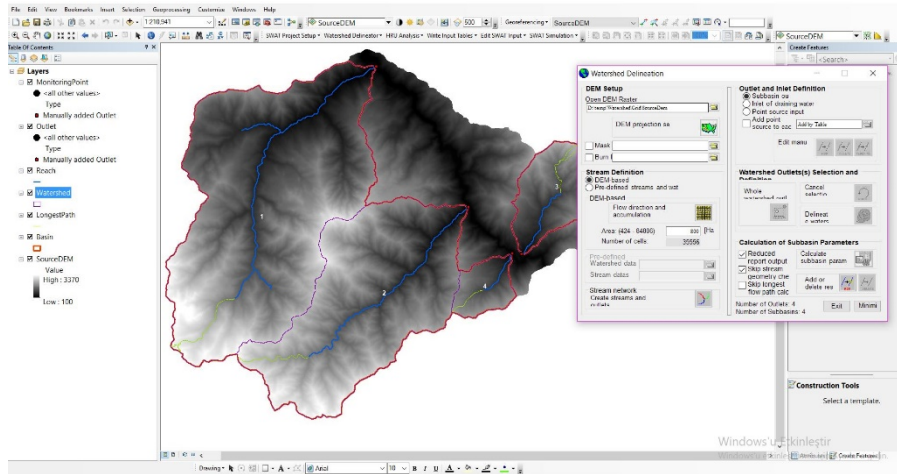
2.2.5.2. Modelin Kurulumu

2.2.5.2.1. Havza Sınırlarının Belirlenmesi

Modelin ilk kurulum aşamasında üzerinde birçok işlemin yapılacağı en temel altlık dosyası olan sayısal yükseklik modeli (SYM) sisteme yüklenir (Şekil 19). Sisteme yüklenen SYM özellikleri Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. SYM özellikleri

Parametre	Değer
Projection	Universal Transverse Mercator (UTM)
False Northing	0
False Easting	500000
Central Meridian	39
Scale Factor	0.9996
Reference Latitude	0
Geographic Coordination System	ED_1950_UTM_Zone_37N
Column/Row count	2688/2292
Cell size (X/Y) (m/m)	15/15
Bits per pixel	32



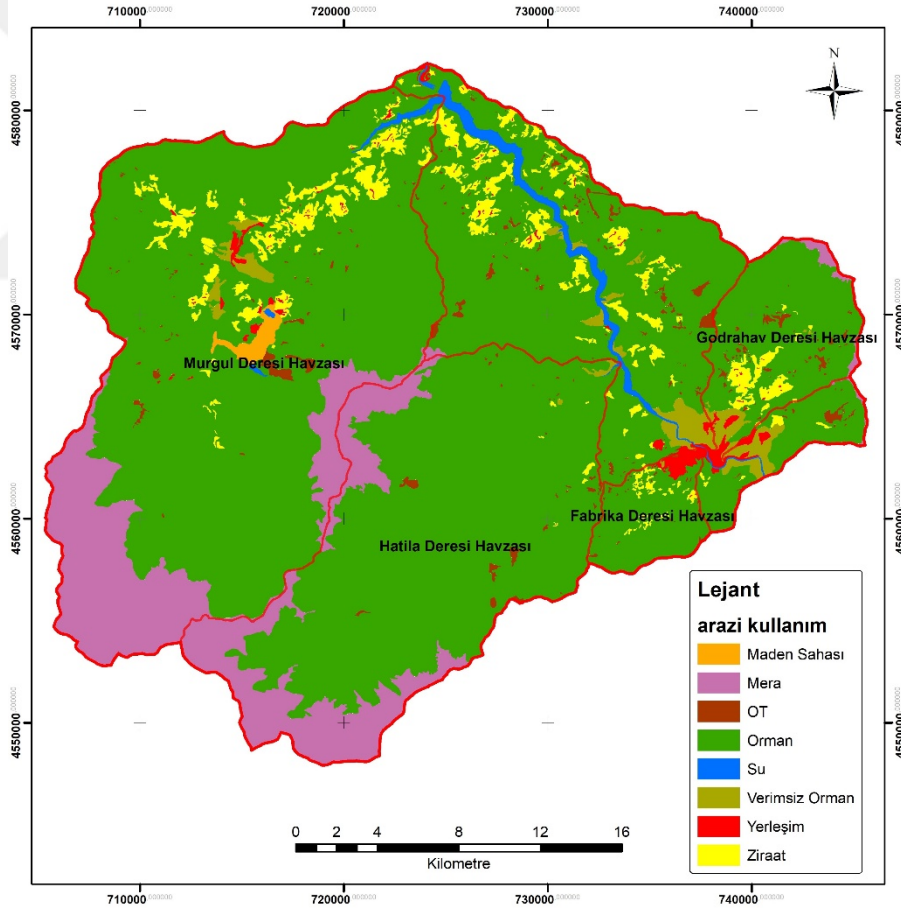
Şekil 19. SYM haritasının SWAT modeline yüklenmesi ve alt havzaların belirlenmesi

Modele yüklenen SYM üzerinde ön işlemler tamamlandıktan sonra üzerinde oluşturulabilecek alt havzalar için minimum, maksimum ve önerilen değerler model tarafından gösterilmiştir. Buna göre minimum 424 ha ve maksimum 84806 ha alt

havza sınırları model tarafından hesaplanmıştır. Önerilen eşik değeri manuel olarak 800 ha girilerek bu değere göre drenaj ağı belirlenmiştir. Drenaj ağının belirlenmesinin ardından sistem tarafından alt havza çıkış noktaları ve gözlem noktaları önerilmiştir. Bu noktalar manuel olarak 4 alt havzanın mansap noktaları ile değiştirilmiştir. (Şekil 19). Havza sınırları belirleme işlemlerinin sonunda havzaların yükseklikleri minimum 180 m., maksimum 3370 m. ve ortalama 1526 m. olarak hesaplanmıştır.

2.2.5.2.2. Arazi Kullanım Verisi

Arazi kullanım verilerinin oluşturulabilmesi amacıyla çalışma alanına ait uydu görüntüsü sınıflandırılmıştır. Sınıflamada 8 farklı arazi kullanımı belirlenmiştir (Şekil 20).



Şekil 20. Çalışma alanı arazi kullanım durumu

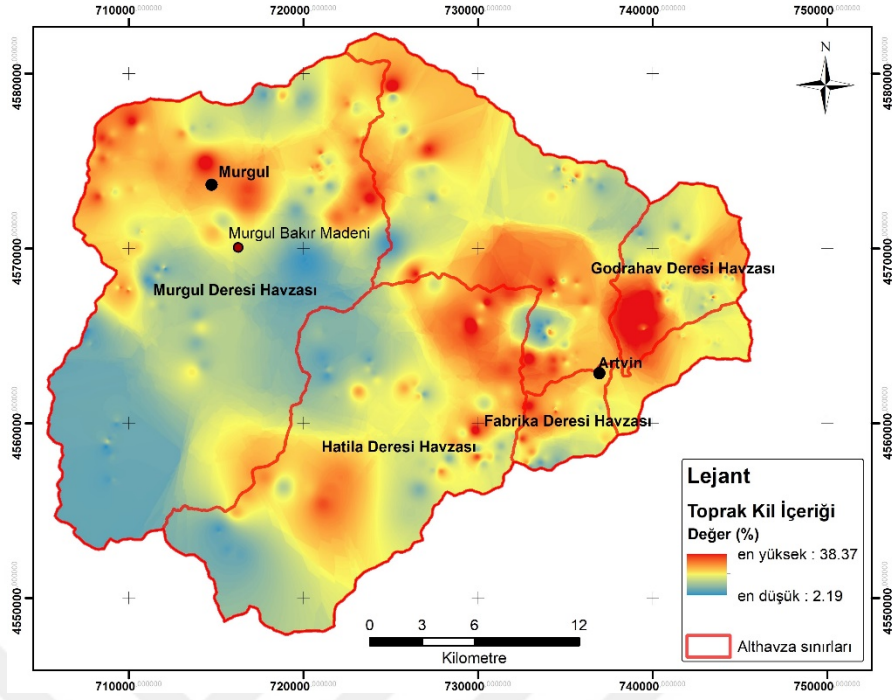
Bu arazi kullanım durumlarının SWAT modelinde tanımlanan kodlarla eşleştirilmesi gerekmektedir. Arazi kullanım durumuna ait sınıflar ve eşleştirildiği SWAT kodları Tablo 13’de gösterilmiştir.

Tablo 13. Arazi kullanım sınıfları ve eşleştirildiği SWAT kodları

Sıra No	Arazi Kullanım Şekli	SWAT Kodu
1	Orman	FRST
2	Verimsiz Orman	BARR
3	Orman İçi Açıklık (OT)	RNGE
4	Mera	PAST
5	Yerleşim	URBN
6	Ziraat	AGRL
7	Maden Sahası	UIDU
8	Su	WATR

2.2.5.2.3. Toprak Katmanı Verisi

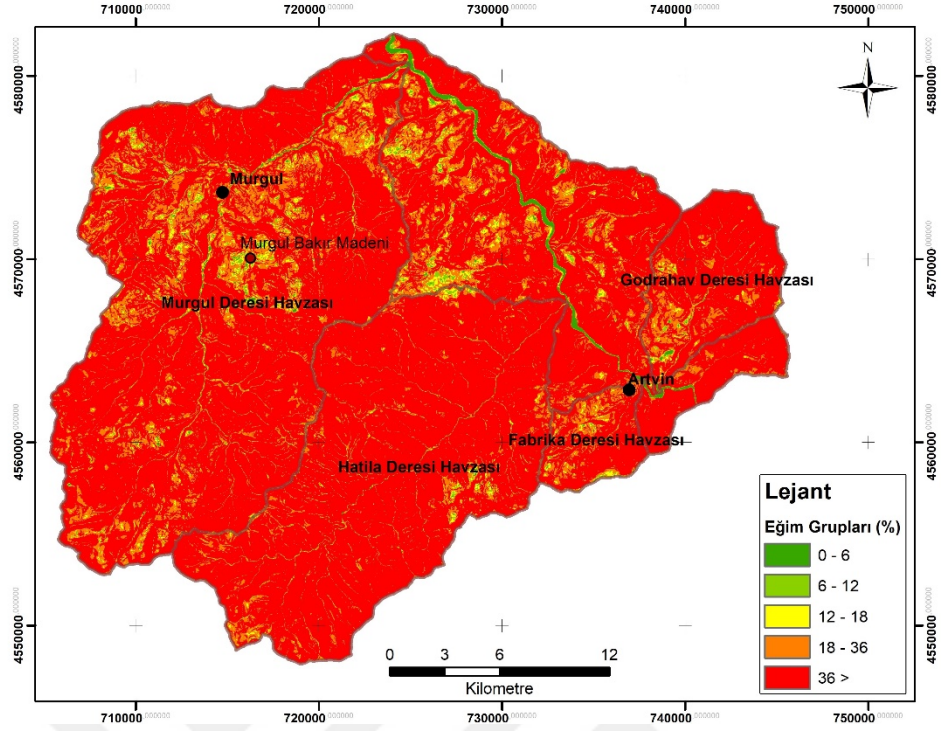
Toprak örneklerinin analizleri sonucunda hesaplanan değerler SWAT veri tabanına ait MS-Access dosyasına aktarıldıktan sonra bu dosyadaki her bir satıra karşılık gelecek poligonlardan oluşan raster formatta bir toprak haritasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla çalışma alanındaki örnekleme noktalarına ait kil değerleri ArcGIS 10.3.1 programında dağılımı en uygun gösteren ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon tekniği (Inverse Distance Weighted – IDW) kullanılarak sınıflandırılmıştır (Şekil 21). Kil, toprak içerisindeki en işlevsel fraksiyondur. Negatif yük kaynağına sahip olması nedeniyle başta toprak nem sabiteleri olmak üzere, bitki besin elementlerinin tutulması, toprak havalanması, toprak sıcaklığı ve toprak nemi gibi birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliğini doğrudan etkilemektedir (Rowell, 2014). Sınıflama sonucu oluşturulan harita raster formatta tekrar sınıflandırılarak SWAT programına uygun bir toprak katmanı haline getirilmiştir.



Şekil 21. Kil içeriğine göre sınıflandırılan toprak katmanı

2.2.5.2.4. Eğim Katmanı Verisi

Modelin ihtiyaç duyduğu verilerden birisi de eğim sınıflarının tanımlanmasıdır. Model bunun için daha önceden girdi olarak sağlanan SYM haritasını kullanır. Model en fazla 5 sınıfa kadar eğim gruplarına ayırmaya izin vermektedir. 5 sınıfa ayrılan eğim grupları haritası Şekil 22’de ve her eğim grubuna ait ne kadar alan kapladığı da Tablo 14’de gösterilmiştir.



Şekil 22. Borçka Barajı Havzası eğim grupları haritası

Tablo 14. Eğim sınıflarının kapladığı alanlar

Eğim Sınıfları	Alan	
	ha	%
0 - 6	926.58	1.09
6 - 12	834.66	0.98
12 - 18	1826.36	2.15
18 - 36	11408.07	13.45
36 >	69842.34	82.32

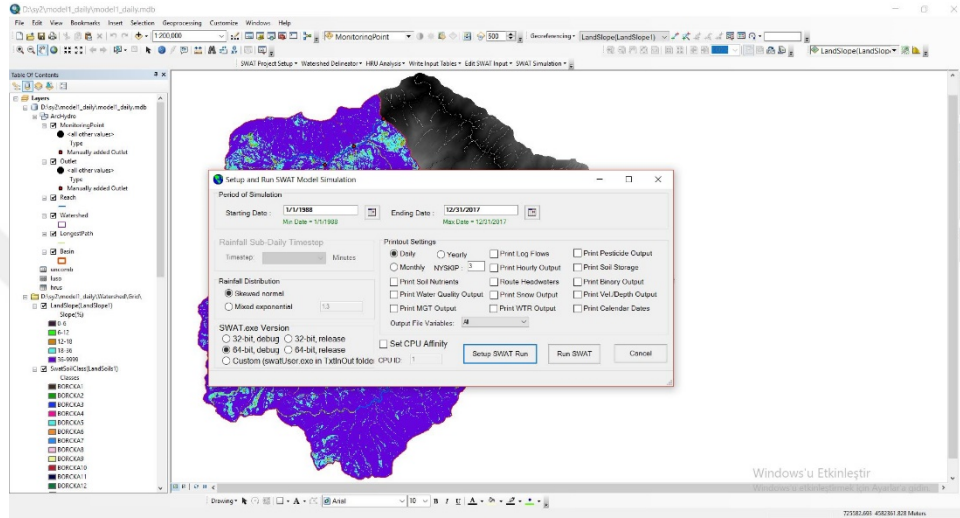
2.2.5.2.5. Hidrolojik Tepki Birimlerinin (HRU) Oluşturulması

Çalışma alanına ait havza sınırı ve alt havzalar belirlendikten sonra yukarıda sıralanan arazi kullanımı, toprak katmanı ve eğim sınıflarının belirlenmesinin ardından bu parametrelere göre hidrolojik tepki birimlerinin (Hydrologic Response Unit – HRU) oluşturulması gerekmektedir. Hidrolojik tepki birimleri havzadaki arazi kullanımı, eğim ve yükseklik parametrelerine göre homojen yapıdaki en küçük alan ya da diğer

bir adıyla yamaçlardır. Borçka Barajı Havzası'ndaki çalışmanın yürütüldüğü 4 alt havza içerisinde toplam 3045 HRU oluşturulmuştur.

2.2.5.2.6. SWAT Modelinin Çalıştırılması

SWAT modeline tüm veriler başarılı bir şekilde girdi olarak sağlandıktan sonra modelin simülasyonu için son ayarlar belirlenmelidir (Şekil 23).



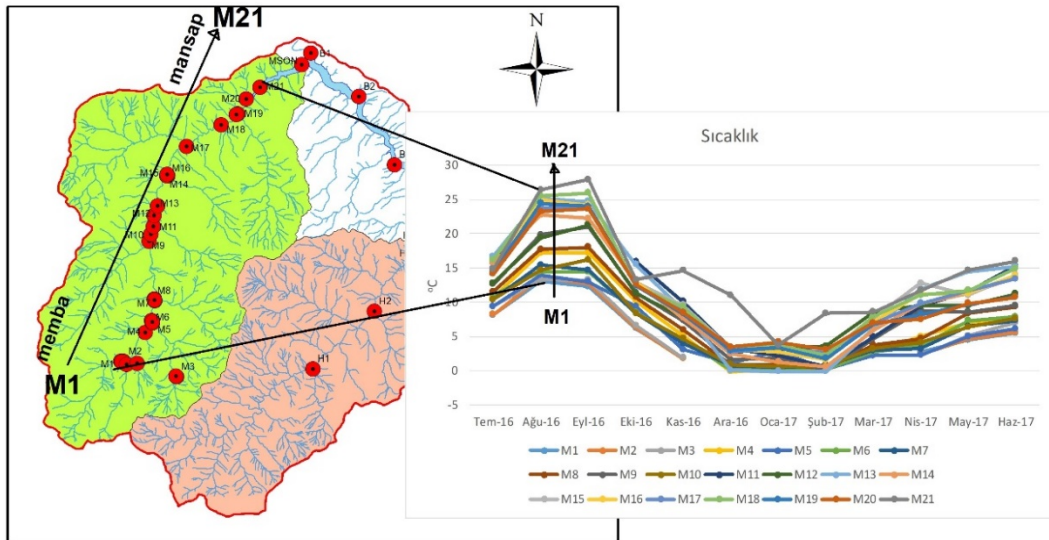
Şekil 23. SWAT modelinin çalışmaya hazırlanması

Burada modelin çalışabileceği tarih aralığı meteorolojik verilerin tarih aralığı ile sınırlandırılmaktadır. Meteorolojik veriler 1989 yılından başladığı için modelin başlangıç yılı da 1989 olarak belirlenmiştir. Başlangıçtaki 3 yıl model için ısınma yılı olarak belirlenmiş ve 2018 yılına kadar toplam 27 yıllık simülasyon gerçekleştirilmiştir. Model parametrelerinin kalibrasyonu için çalışma periyodundaki 2016-2017 yılları arasında doğrudan arazide 1 tam yıl süreyle yapılan gerçek ölçümlerden elde edilen veriler kullanılmıştır. Model parametrelerinin doğrulanması için ise 2018 yılı Mart ile Ekim ayları arası aylık ölçülen parametreler kullanılmıştır. Bu parametreler Fabrika ve Godrahav Deresi Havzaları için Mayıs ile Haziran ayları arası haftalık da ölçülerek veri sayısı arttırılmıştır.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Su Kalitesi Parametreleri

Grafikleri okuma anahtarı: Bu çalışmada incelenen su kalitesi parametrelerinin zamana ve mekâna bağlı değişimlerini göstermek üzere hazırlanan grafiklerde yer alan kısaltmalar ve numaralandırmalar ana çalışma alanları olan 4 alt havza ve baraj gölüne göre gruplandırılmıştır. Buna göre; M, H, F, G ve B harfleri sırasıyla Murgul, Hatıla, Fabrika, Godrahav alt havzaları ve Borçka Barajının rezervuarını temsil etmektedir (Şekil 10). Harflerin yanında yer alan numaralar ise alt havzaların membadan mansaba doğru belirlenen örnekleme noktalarını göstermektedirler (Tablo 4, 5, 6, 7). Rezervuar için ise numaralandırma membadan mansaba doğru artmaktadır ve “HGRS” ile “MSON” rumuzları baraj rezervuarının Hatıla ve Murgul alt havzalarına doğru uzanan kısımlarından alınan noktaları temsil etmektedir (Tablo 8). Grafiklerde gösterilen parametrelere ait değerler alt havzalara göre her bir örnekleme noktasının aylık değişimini göstermektedir. Alt havzalara göre gruplandırılan grafiklerde zamansal (aylık) değişimin gösterildiği X eksenindeki aylara karşılık gelen Y eksenindeki değerlerin dikey dağılımı ilgili parametrenin membadan mansaba olan değişimini temsil etmektedir (Şekil 24).



Şekil 24. Örnek grafik gösterim tasarımı

3.1.1. Su Sıcaklığı

Çalışma alanında yer alan alt havzalara göre ölçüm noktalarındaki su sıcaklığının aylara göre değişimi Şekil 25’de, en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri ise Tablo 15’de gösterilmektedir.

Tablo 15. Çalışma alanına ait su sıcaklık değerlerinin en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri

	Min. Sıcaklık °C	Maks. Sıcaklık °C	Ortalama Sıcaklık °C
Murgul Deresi Havzası	-0.1	27.9	9.3
Hatila Deresi Havzası	1.7	19.1	9.4
Fabrika Deresi Havzası	0.8	23.8	9.8
Godrahav Deresi Havzası	1	25.1	10.4
Borçka Baraj Rezervuarı	4.1	23.4	13.9

Genel olarak bu grafikler irdelendiğinde, beklendiği üzere, tüm alt havzaların memba kısımlarındaki suyun sıcaklığı mansap bölümlerindeki örnekleme noktalarına göre daha düşük olarak ölçülmüştür ve örnekleme noktaları arasında hem yükseltiye hem de mevsimlere bağlı olarak bir paralellik gözlemlenmektedir. Alt havzaların memba kısımlarındaki ölçüm noktalarının yükseltileri MDH 1495 m., HDH 800 m., FDH 1100 m., GDH 880 m. ve mansap kısımlarındaki ölçüm noktalarının yükseltisi ortalama aynı olup 180 m. civarındadır. Buna göre alt havzaların memba ve mansap kısımlarındaki yıllık ortalama sıcaklık ölçümleri MDH, HDH, FDH ve GDH için sırasıyla 6.1-14.2, 8.2-10.5, 7.4-12.7 ve 7.9-12.5 °C’dir. Borçka Barajı Rezervuar (BBR) alanında yapılan ölçümler ise alt havza değerlerine göre daha yüksek olmuştur ki rezervuar alanının geniş yüzey alanı sayesinde daha fazla ısınması ve durgun su rejimine sahip olması bu sonucun ana nedenleri olarak gösterilebilir. Yapılan ölçümlerde BBR’nin yıllık sıcaklık ortalaması baraj gövdesine yakın olan noktada 15 °C’den başlayıp, Çoruh Nehri ana kolu ile birleştiği noktaya doğru 12.5 °C’ye düşmektedir.

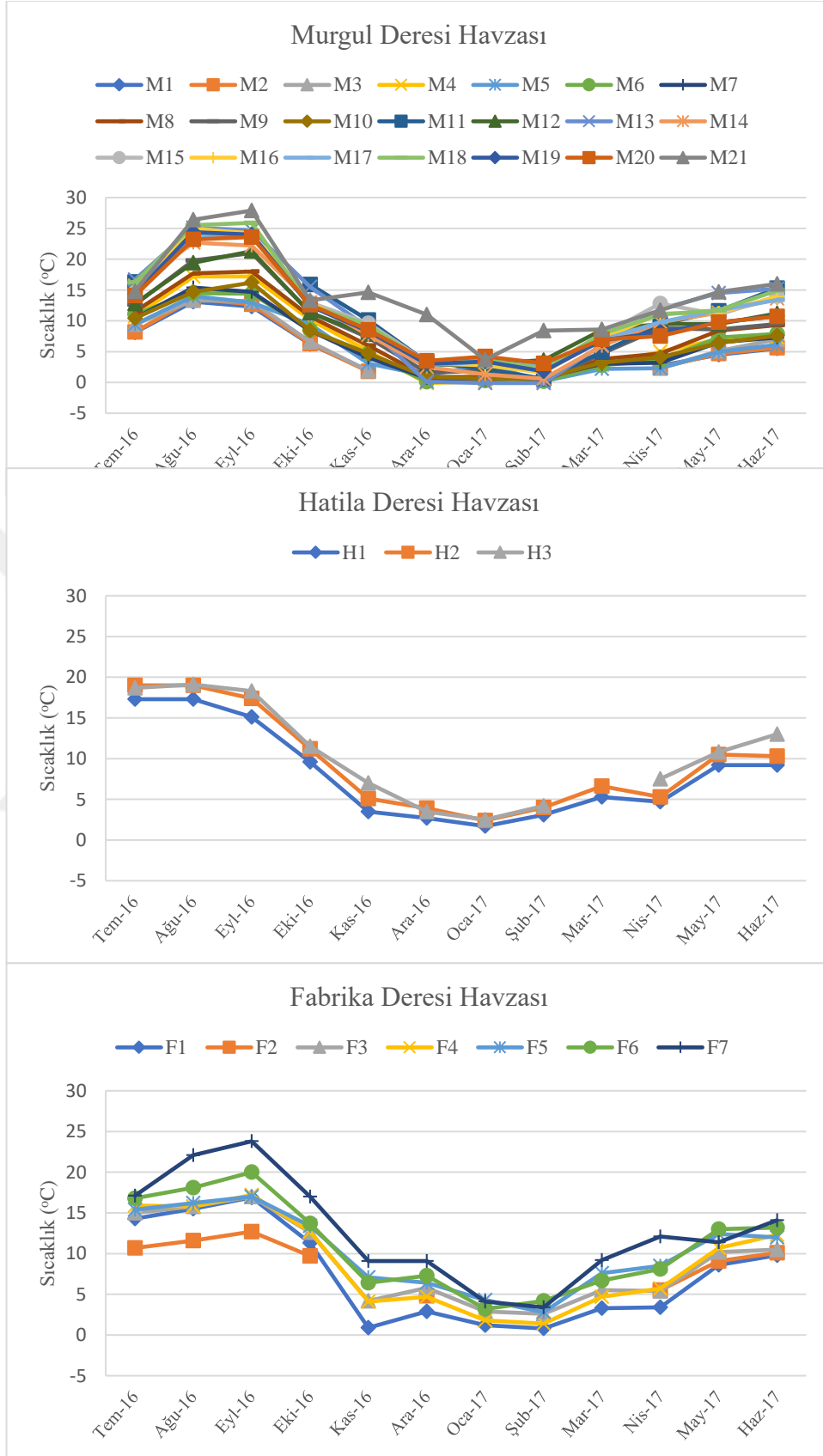
Bir havzada, özellikle yükseltiye ve bakıya bağlı olarak membadan mansaba doğru hem hava sıcaklığında hem de akarsulardaki suyun sıcaklığında genel anlamda bir artış trendi olması beklenen bir durumdur ve bu çalışmadaki alt havzaların tamamında benzer ilişki tespit edilmiştir. Ancak, doğal ekosistemler üzerinde yapılan insan kaynaklı bazı müdahaleler bu dengeyi bozabilmektedir. Örneğin, bu çalışmadaki alt

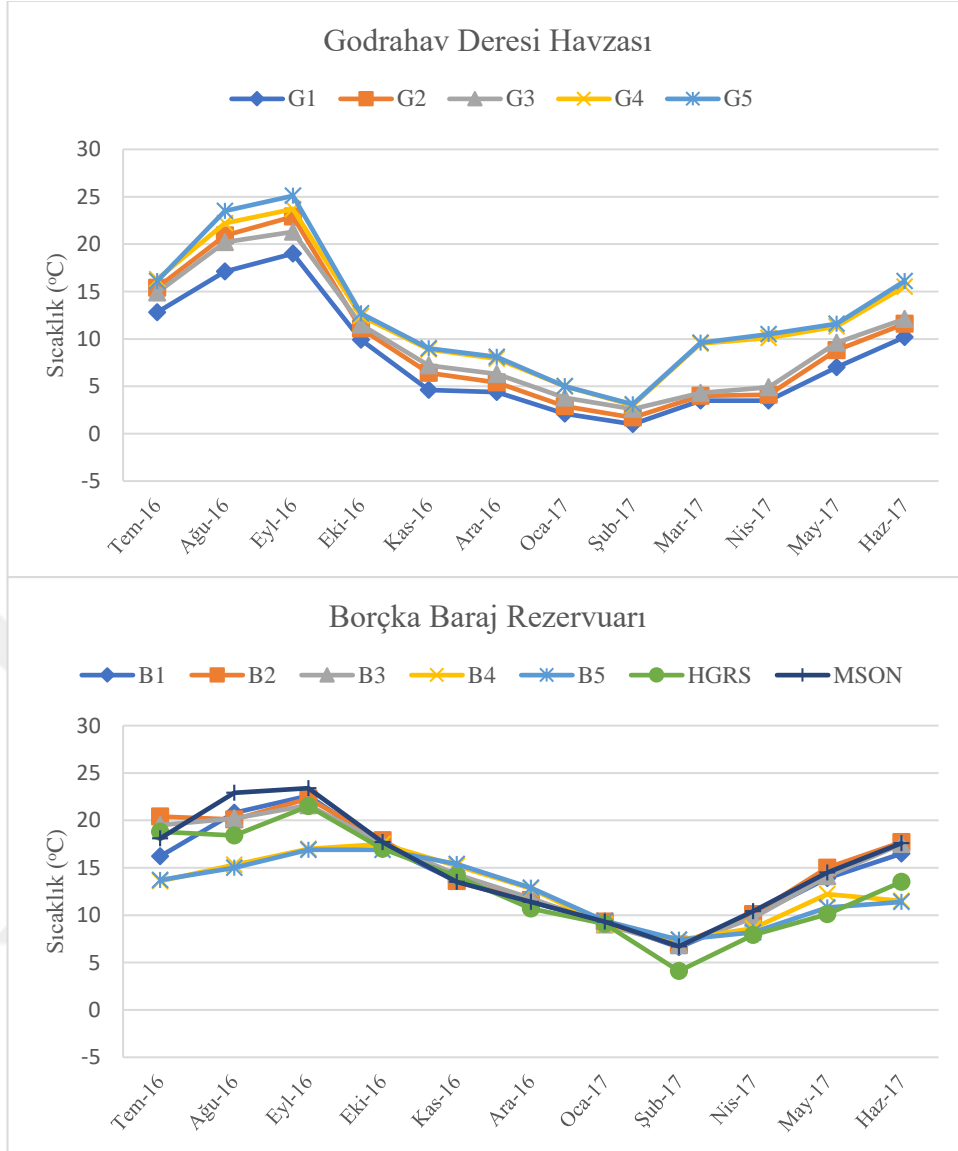
havzalardan biri olan MDH’de sıcaklık değişim eğrilerinin bazı noktalarda (özellikle M10 – M14 noktalarında) yukarıda sözü edilen paralelliği bozduğu görölmektedir (Şekil 25). Bu sonucun nedeni olarak MDH boyunca birbiri ardına kurulu olan NT-HES’ler gösterilebilir. Bu tesisler, yükselti farkından yararlanarak kapalı iletim kanalları ve cebri borular yardımı ile derelerden topladıkları suyu yüksek düşüden yararlanarak tribünlere bırakmak aracılığı ile elektrik enerjisi ürettikten sonra tekrar ana dereye bırakmaktadır. Bu aşamalardan geçen suyun sıcaklığının artması beklenirken bu çalışmada ortaya çıkan sonuçlara göre tam tersine suyun sıcaklığında az da olsa düşüş olduğu tespit edilmiştir. Örneğin, Temmuz 2016 değerlerini irdelediğimizde, “M5” noktası bir NT-HES tesisinin kuyruk suyu çıkışıdır ve bu noktadaki sıcaklık ölçümü 9.4 °C’dir. Bu noktanın yakınlarındaki diğer bir kuyruk suyu çıkışından önceki “M4” noktasındaki sıcaklık 10.7 °C ölçülmüştür. Bu iki noktadaki birleşim ilerdeki “M6” noktasında 11.1 °C ölçüldükten sonra tekrar başka bir kuyruk suyu çıkışı ile “M7” noktasında 10.4 °C’ye düşmektedir. Solaklı Deresi Havzası’nda (Trabzon) bulunan NT-HES’lerin su kalitesine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada da NT-HES’lerin kuyruk suyu çıkışlarında ölçülen su sıcaklığı bir önceki noktalardan daha az ölçülmüştür (Koralay, 2015).

Akarsulardaki su sıcaklığı rakım, iklim, akarsu debisi, yeraltı sularından beslenmesi durumunda yeraltı suyu sıcaklığı faktörü gibi değişkenlerden etkilenmektedir (EPA, 2017). Hatıla, Fabrika, Godrahav Deresi Havzaları’ndaki en yüksek rakımda bulunan ölçüm noktalarının rakımları sırasıyla 800, 1100 ve 880 m.’dir ve ilgili grafiklerde de görüldüğü üzere ölçüm noktalarının bulunduğu rakımla dere suyu sıcaklığı arasında ters bir ilişki olduğu açıktır.

Örnekleme noktaları alt havzalara göre incelendiğinde membadan mansaba doğru sıcaklık değerleri artan şekilde ölçülmüştür. Akarsularda havzanın yukarı kesiminden yani membadan havzanın çıkış noktası olan mansaba doğru su akımının yavaşlaması ve yatağın genişlemesi nedeniyle rakımın da etkisine bağlı hava sıcaklığının da artmasıyla su sıcaklığının artması beklenen bir durumdur (Tanyolaç, 2011). Baraj rezervuarında sıcaklık ölçümleri orta kısımlarda homojen dağılmakla birlikte akarsularla birleştiği yerlere yakın noktalarda sıcaklık düşmektedir.

Su sıcaklığı, su ve sudaki canlıların kimyasal ve biyolojik faaliyetlerini etkileyen önemli bir parametredir. Sıcaklığa bağlı olarak değişen oksijen miktarına bağlı olarak sudaki canlıların biyolojik aktiviteleri önemli ölçüde etkilenmektedir (Özyuvacı, 1993). Ölçüm noktalarındaki sıcaklık değerleri “Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği” ne göre genel olarak 25 °C’nin altında kaldığından “I. SINIF” sularından olan “Yüksek Kaliteli Sular” sınıfına girmektedir (YSKY, 2015). Murgul Deresi Havzası’nın çıkışına yakın noktalarda ağustos ve eylül aylarında 25 °C’nin üstüne çıkmaktadır. Bu aylarda YSKY’ye göre “III. SINIF” su kalitesi sınıfına girmektedir. Literatürde, akarsulardaki su sıcaklığının da ölçüldüğü benzer çalışmalara rastlanmaktadır. Örneğin, Doğu Karadeniz havzası akarsularının fiziko-kimyasal su kalitesinin mevsimsel değişimlerinin belirlenmesine yönelik bir çalışmada 11 farklı akarsuyun çıkış noktalarından ölçüm yapılmış ve yıllık ortalama sıcaklıkları Melet 15.98 °C, Pazarsuyu 16.83 °C, Aksu 16,73 °C, Harşit 14.99 °C, Değirmendere 15.06 °C, Solaklı 14.64 °C, İyidere 14.02 °C, Büyükdere 15.42 °C, Fırtına 13.95 °C, Çağlayan 15.39 °C, Kapistre 15.50 °C’dir (Serdar, 2015). Bu çalışmada ise Murgul, Hatıla, Fabrika ve Godrahav Havzaları’nın çıkış noktalarının yıllık ortalama su sıcaklığı değerleri ise sırasıyla 13.9 °C, 10.5 °C, 12.7 °C ve 12.5 °C’dir ve Serdar (2015) tarafından belirlenen değerlerden düşük olduğu görülmektedir. Ortaya çıkan bu farklılıkların en temel nedeninin yükselti farkından (deniz seviyesine yakınlık) kaynaklandığı söylenebilir. Çankırı ili Söğütözü Deresi ve Terme Çayı Havzalarında kurak dönemde oluşan düşük akışların su kalitesi parametreleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı başka bir çalışmada ise Söğütözü Deresinde su sıcaklığı minimum 9 °C ve maksimum 24 °C olarak ölçülmüştür. Terme Çayı Havzasında ise minimum 11.3 °C ve maksimum 26.2 °C olarak tespit edilmiştir. Ölçülen bu değerlerin uzun yıllar sıcaklık ortalamasıyla paralellik gösterdiği bildirilmiştir (Ediş, 2011)





Şekil 25. Örnekleme noktalarına ait alt havzalara göre aylık sıcaklık değerleri

3.1.2. pH

Doğal ve kaliteli içme sularındaki pH değerinin Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne ve Dünya Sağlık Örgütü'ne göre 6.5-8.5 arasında olması ön görülmektedir (WHO, 2011; YSKY, 2015). Çalışma alanında yer alan alt havzalara göre ölçüm noktalarındaki pH değerlerinin aylara göre değişimi Şekil 26'de, en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri ise Tablo 16'da gösterilmektedir.

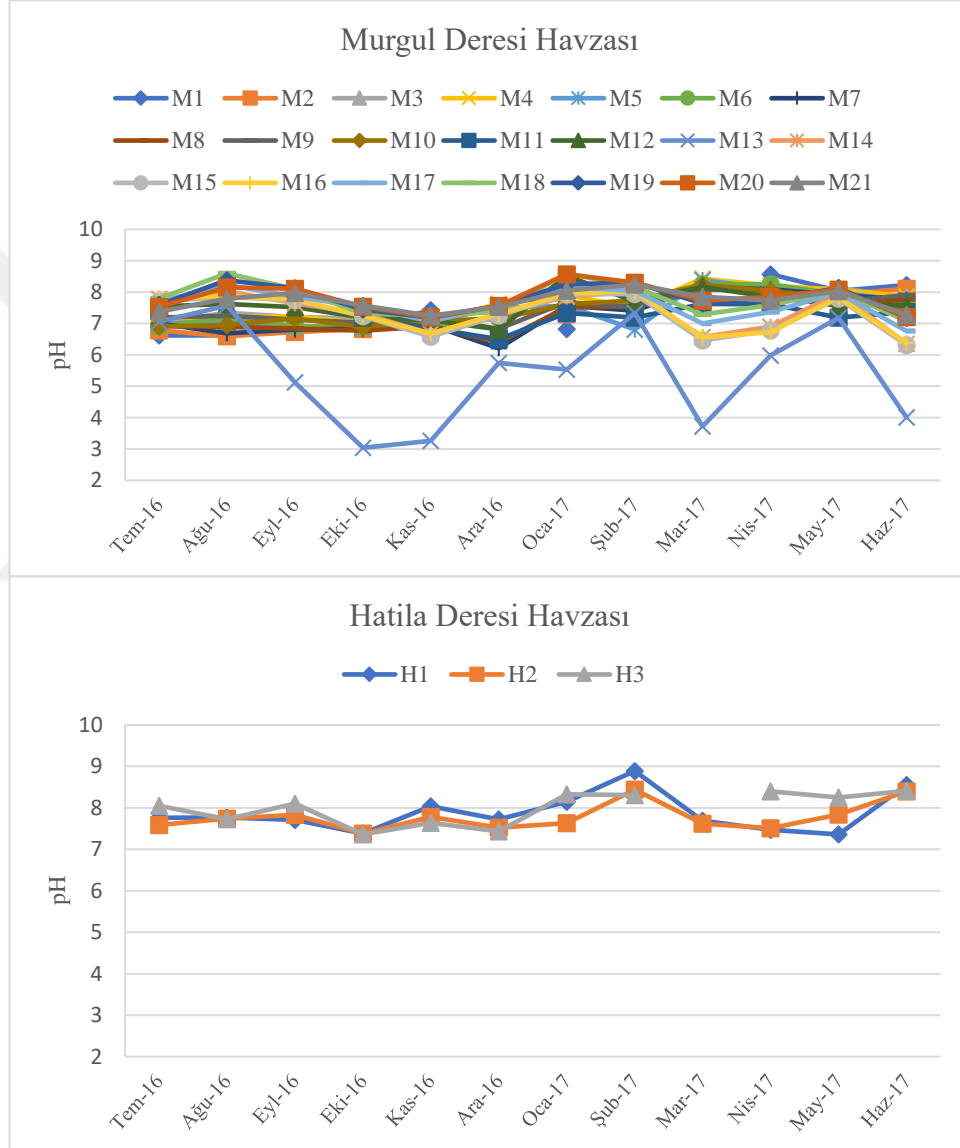
Tablo 16. Ölçüm noktalarındaki pH değerlerinin en düşük, en yüksek ve ortalaması

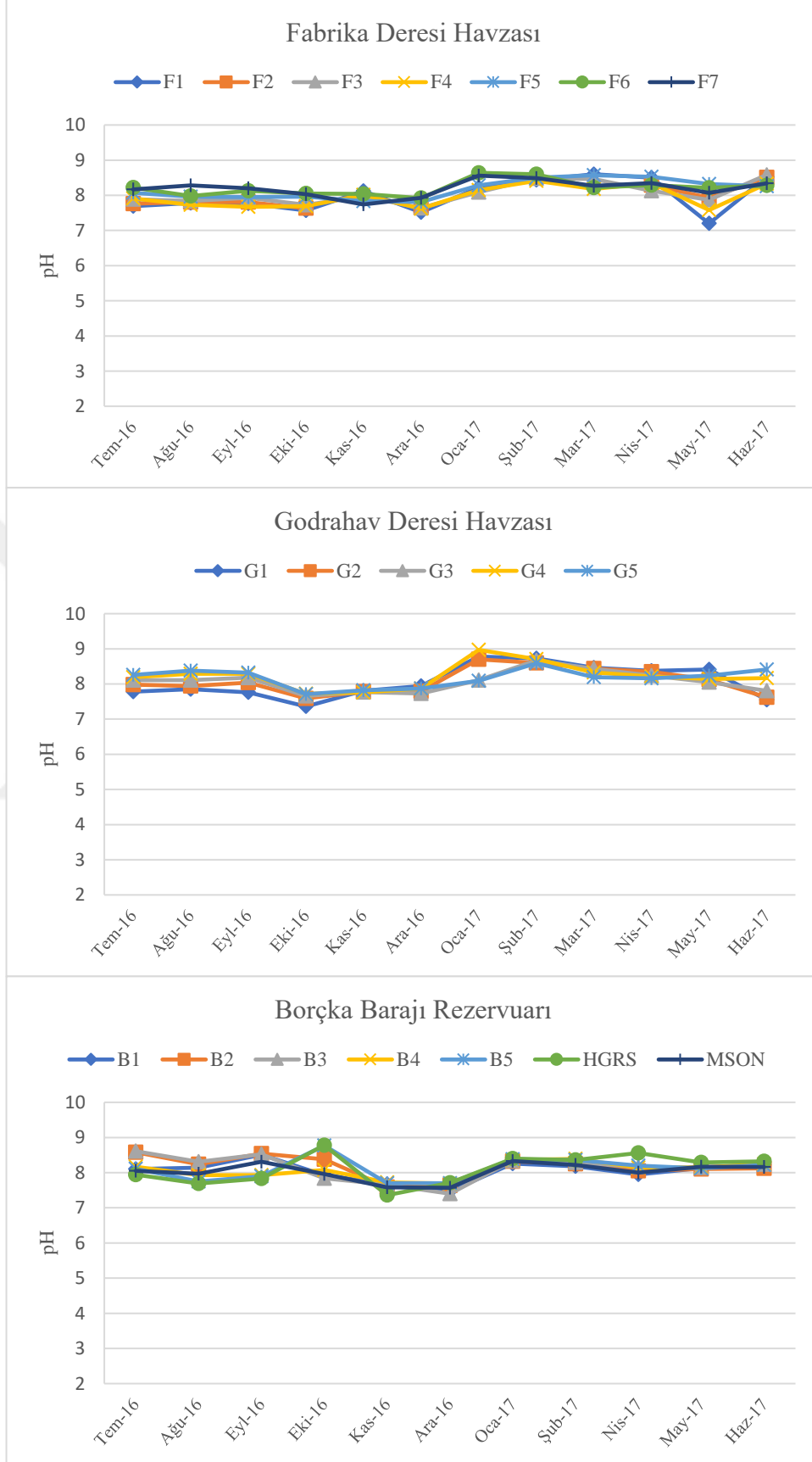
	Min. pH	Maks. pH	Ortalama pH
Murgul Deresi Havzası	3.04	8.60	7.38
Hatila Deresi Havzası	7.36	8.89	7.87
Fabrika Deresi Havzası	7.2	8.64	8.08
Godrahav Deresi Havzası	7.36	7.36	8.12
Borçka Baraj Rezervuarı	7.36	8.78	8.09

Alt havzalara göre pH değerlerine bakıldığında genel olarak hafif-bazik özellik gösterdiği ve MDH dışındaki çalışma alanlarında mambadan mansaba doğru pH değerlerinde genelde bir paralellik olduğu görülmektedir. Ancak MDH'de maden sahası çıkış noktasındaki suyun pH değeri yapılan ölçümler neticesinde kuvvetli asidik özellik gösterdiği tespit edilmiştir. Bu noktadaki (M13) ölçümler temmuz ve ağustos aylarında ortalama ölçümlere paralel giderken diğer aylardaki ölçümlerde pH değeri 3 ile 5 arasında seyretmiştir. Bu derece asidik ölçümlerin maden sahasındaki üretim faaliyetleri sonucu bırakılan atık suların kaynaklandığı düşünülmektedir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne göre maden sahasından ana dereye karışan su "IV. SINIF" su kalitesi sınıfına girmektedir. Bölgede yapılan ve maden sahasının çevresel etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada maden sahasının atık havuzları ve atıklarının karıştığı dere kollarından yapılan ölçümlerde pH değeri en düşük 2.7, en yüksek 10.84 ölçülmüştür (Sağlam, 2007).

Tablo 16'daki veriler incelendiğinde pH değerleri genel olarak Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne göre "I. SINIF" su kalitesi sınıfına girmektedir. Doğal yüzeysel sularında pH değerinin genellikle 5 – 9 arasında, yeraltı sularında pH değerinin 7 den küçük (hafif asidik özellikte) olduğu, yüzeysel suların genellikle pH değeri 8 den büyük bazik özellikte olduğu ve bazik suların daha verimli olduğu bildirilmektedir

(Güler, 1997). Örneğin, Antalya'nın Kargı Çayı'nda su kalitesinin belirlenmesine yönelik yapılan bir çalışmada pH değerleri 7.03 ile 9.4 arasında ölçülmüş ve ortalama değerlerin ise 7.87–8.26 arasında olduğu belirtilmiştir (Zeybek ve Kalyoncu, 2016). Bu çalışmada da yıllık ortalama pH değerleri 7.5 ile 8.5 arasında ölçülmüştür. Bu değerler literatürde bildirilen verimli suların pH değerleri arasındadır.





Şekil 26. Örnekleme noktalarına ait alt havzalara göre aylık pH değerleri

3.1.3. Elektriksel İletkenlik

Sulardaki elektriksel iletkenlik, su sıcaklığına ve sudaki toplam iyon yoğunluğuna bağlıdır. Sudaki iyon yoğunluğu da tuzluluk miktarına, dolayısı ile jeolojik etmenlere ve arazi kullanımına bağlı dışarıdan gelen etmenlere bağlıdır (Chapman, 1996). Çalışma alanındaki elektriksel iletkenlik değerlerine ait grafikler Şekil 28’de, ölçülen sınır değerler ile ortalamalar ise Tablo 17’de verilmiştir.

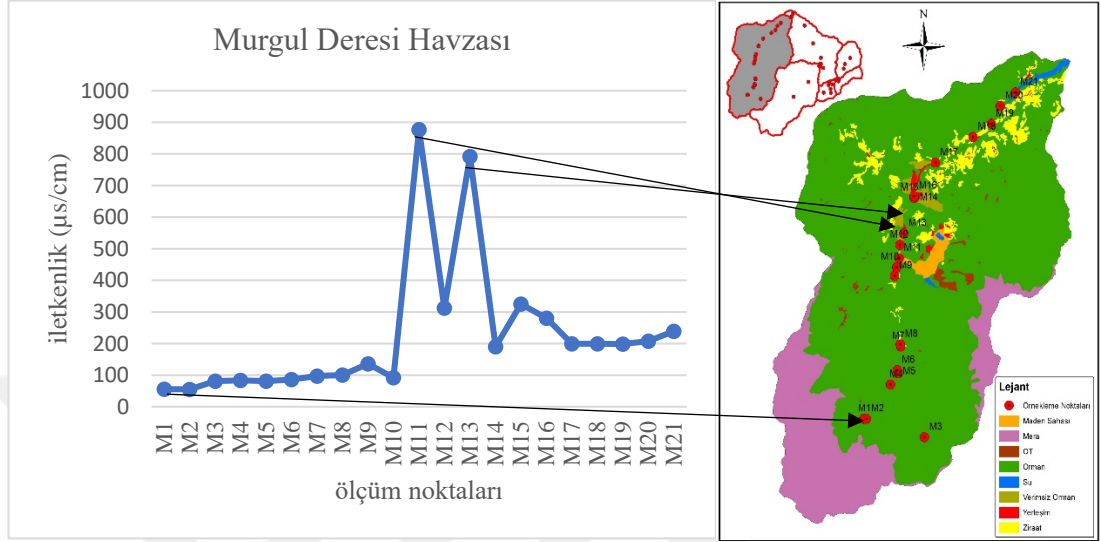
Tablo 17. Ölçüm noktalarında tespit edilen elektriksel iletkenliğin en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri

	Min. iletkenlik $\mu\text{s/cm}$	Maks. iletkenlik $\mu\text{s/cm}$	Ortalama iletkenlik $\mu\text{s/cm}$
Murgul Deresi Havzası	30	1187	227
Hatila Deresi Havzası	60	261	131
Fabrika Deresi Havzası	73	728	199
Godrahav Deresi Havzası	65	376	176
Borçka Baraj Rezervuarı	101	322	239

Bilindiği üzere sıcaklığın artışı ile birlikte sudaki çözülmüş madde ve tuzluluk miktarı artacağından elektriksel iletkenlik de artacaktır. Grafiklerde y eksinindeki dikey dağılım incelendiğinde, mambadan mansaba doğru sıcaklığın artmasıyla iletkenliğin de yıllık ortalaması genel olarak MDH’de 55-238 $\mu\text{s/cm}$ (M11 ve M13 maden çıkış noktalarında 876 ve 791 $\mu\text{s/cm}$ değerine kadar çıkmıştır), HDH’de 127-133 $\mu\text{s/cm}$, FDH’de 118-267 $\mu\text{s/cm}$, GDH’de 116-217 $\mu\text{s/cm}$ ve BBR’de 245-255 $\mu\text{s/cm}$ değerleri arasında arttığı görülmektedir. Arazi kullanımına (orman, tarım, yerleşim vb.) bağlı olarak yüzeysel akışla akarsulara ulaşan çözülmüş madde miktarı ve çeşitliliği de değişmektedir. Daha önce belirtildiği gibi çalışma alanındaki her bir alt havza birbirinden farklı arazi kullanımlarına sahiptir ki grafiklerdeki değişimler de bunu açıkça göstermektedir.

Örneğin; Şekil 27’deki grafikte Murgul Deresi Havzası incelendiğinde mambadan mansaba hem sıcaklık artışına bağlı hem de arazi kullanımına bağlı iletkenlik artışı rahatça görülmektedir. M11 ve M13 noktaları maden sahasının etkilerinin bulunduğu ölçüm noktaları olduğundan buradaki değerler çok yüksektir. Hem maden sahasındaki atık su karışımının sudaki çözülmüş madde derişimini arttırması hem de M16

noktasından itibaren Murgul İlçesi şehir yerleşiminin etkisi görülebilmektedir. Zira, elektriksel iletkenliğin çözünmüş madde miktarı ile doğrudan ilişkili olduğu bildirilmektedir (Chapman, 1996).

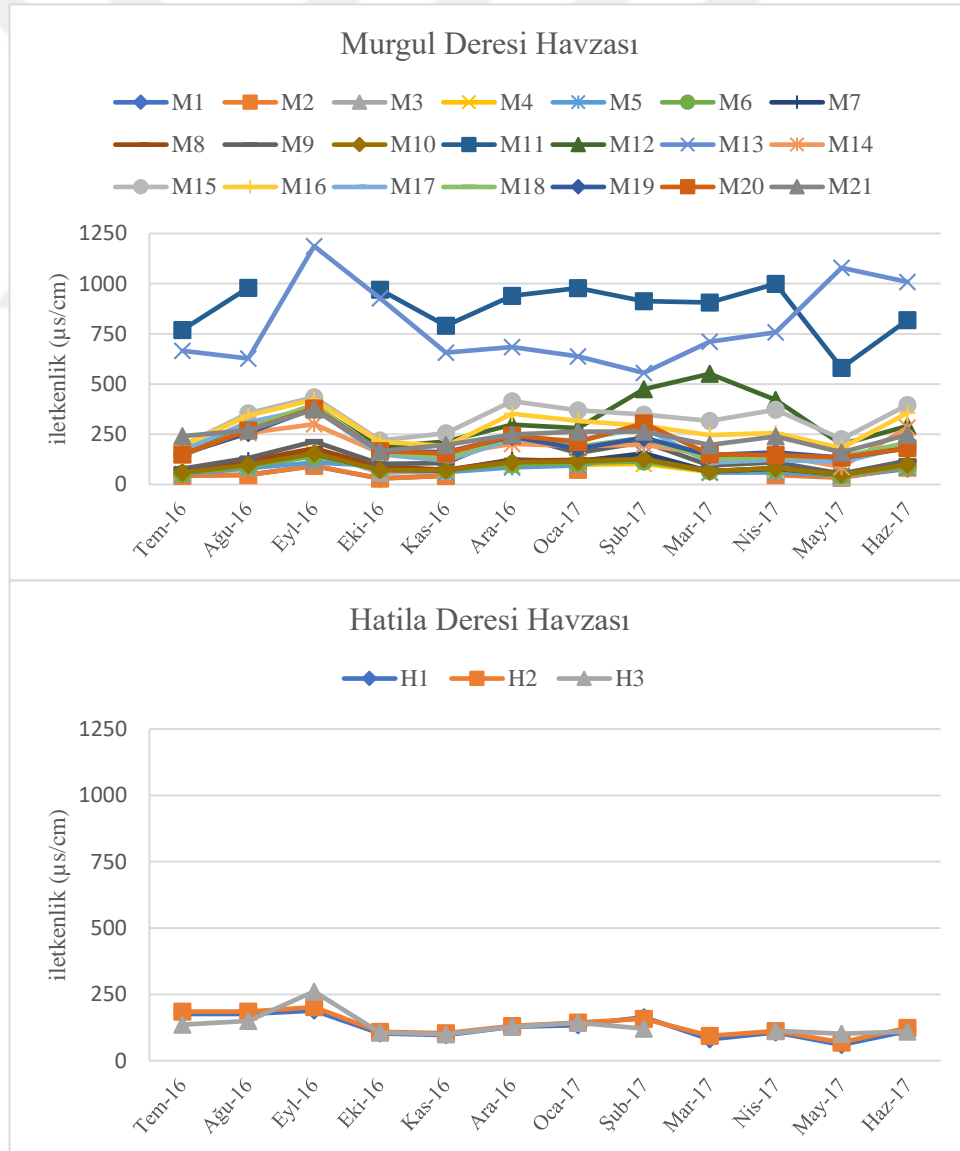


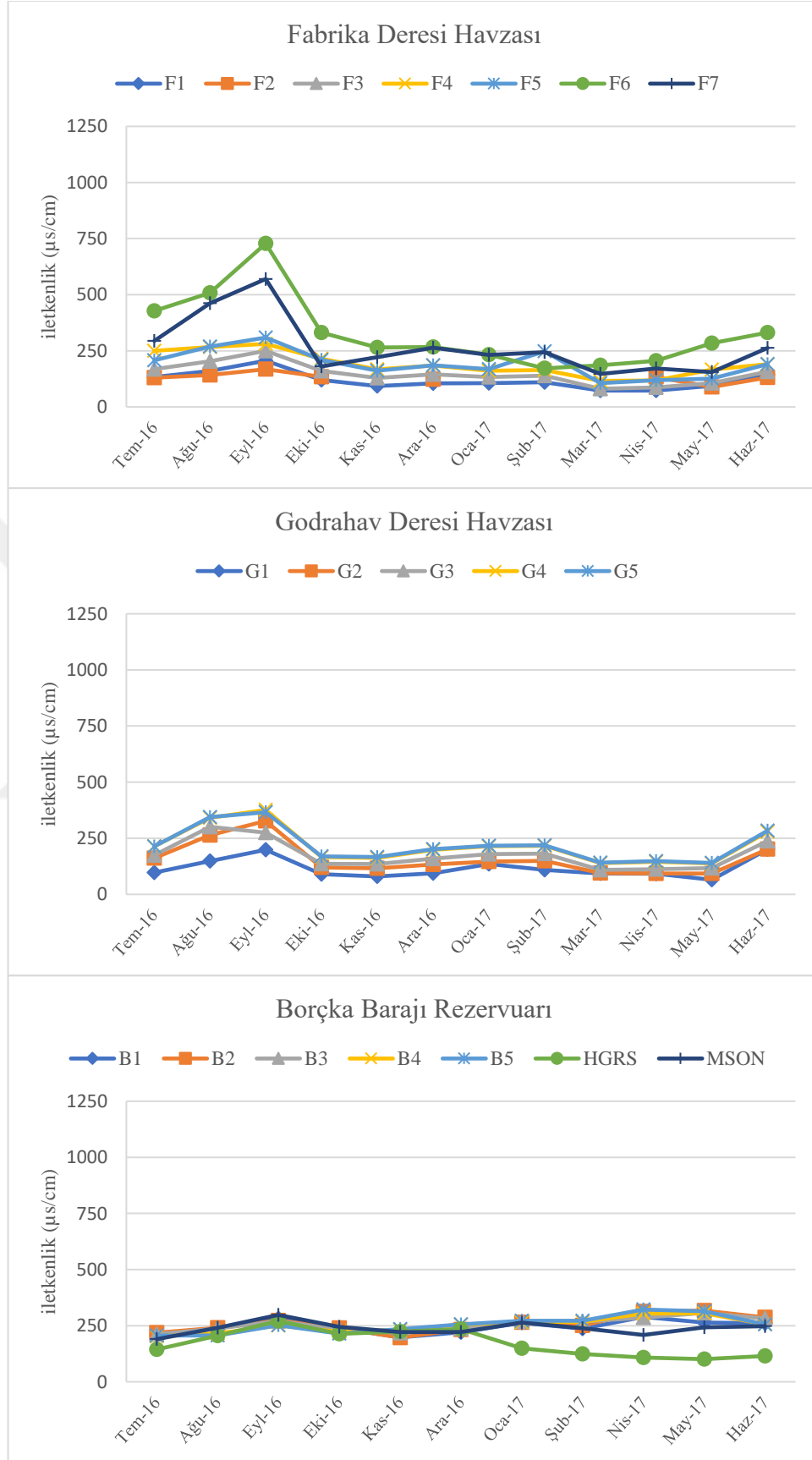
Şekil 27. Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarının yıllık ortalama iletkenlik değerleri

Elektriksel iletkenliğin sudaki çözünmüş madde miktarı ve kirlilik düzeyi hakkında bilgi verebilecek bir gösterge olabileceği belirtilmektedir (Taşdemir ve Göksu, 2001). Artvin il merkezi yerleşiminin bulunduğu Fabrika Deresi Havzası'nda havzanın çıkışında bulunan F6 ve F7 noktalarında bu etkiyi gözlemlemek mümkündür (Şekil 28). Godrahav Deresi Havzası'na ait grafikteki mevsimsel dalgalanmanın tarımsal faaliyetlerden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Şöyle ki, tarımsal faaliyetlerdeki gübrelemenin etkisi çözünmüş madde miktarındaki muhtemel bir artışa neden olarak (Şekil 32) elektriksel iletkenliği de arttırmaktadır (Chapman, 1996).

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne göre "I. SINIF" kalitedeki suların elektriksel iletkenlik değeri 400 µs/cm altında olmalıdır (Tablo 3). Bu açıdan bakıldığında, Murgul Deresi Havzası'nın maden sahasında ölçülen noktalar (M11 ve M13) ile Fabrika Deresi Havzası'nın çıkışındaki noktalarda (F6 ve F7) tespit edilen mevsimsel artışlar dışında çalışma sahasındaki diğer bütün noktalara ait iletkenlik değerlerinin tüm havzalardaki yıllık ortalaması 194 µs/cm ile "I. SINIF" su kalitesinde olduğu söylenebilir.

Kargı Çayı'nda (Antalya) su kalitesinin belirlenmesine yönelik yapılan bir çalışmada ortalama elektriksel iletkenlik değerlerinin 346–599 $\mu\text{s}/\text{cm}$ arasında değişim gösterdiği belirtilmiştir (Zeybek ve Kalyoncu, 2016). Tarımsal ve yerleşim yeri olarak kullanımın yoğun olduğu Tersakan Çayı Havzası'nda yapılan çalışmada tarımsal gübrelemenin ve ilaçlamanın olduğu ve evsel ve endüstriyel atıkların yoğun olduğu belirtilmektedir. Buna göre en düşük elektriksel iletkenlik değerinin ilkbahar döneminde 525 $\mu\text{s}/\text{cm}$, en yüksek değer ise 610 $\mu\text{s}/\text{cm}$ olduğu bildirilmiştir (Kasımoğlu ve Yılmaz, 2014). Bu çalışmadaki endüstriyel atıkların karıştığı MDH'de maden sahası çıkışındaki ölçüm noktalarında da (M11 ve M13) elektriksel iletkenlik değerleri yıllık ortalama 876 ve 791 $\mu\text{s}/\text{cm}$ olarak ölçülmüştür. Evsel atıkların karıştığı FDH'de F6 ve F7 noktalarında da yıllık ortalama 328 ve 267 $\mu\text{s}/\text{cm}$ olarak ölçülmüştür.





Şekil 28.Örnekleme noktalarına ait alt havzalara göre aylık iletkenlik değerleri

3.1.4. Tuzluluk

Çalışma alanında tuzluluk miktarlarına ait havza bazındaki grafikler Şekil 30'de, en düşük ve en yüksek ölçülen değerler ile ortalama değerler Tablo 18'de verilmiştir.

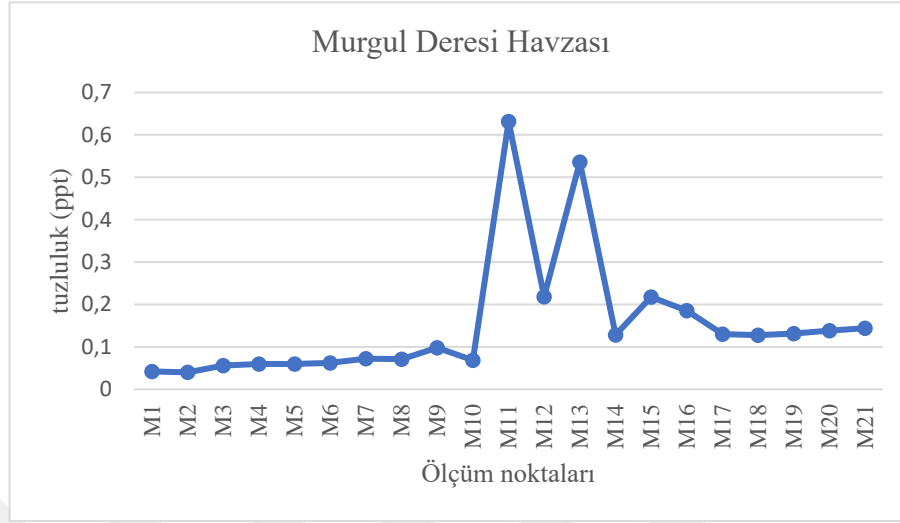
Tablo 18. Ölçüm noktalarındaki tuzluluğun en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri

	Min. tuzluluk (ppt)	Maks. tuzluluk (ppt)	Ortalama tuzluluk (ppt)
Murgul Deresi Havzası	0.02	0.87	0.15
Hatila Deresi Havzası	0.04	0.13	0.08
Fabrika Deresi Havzası	0.06	0.40	0.13
Godrahav Deresi Havzası	0.05	0.18	0.11
Borçka Baraj Rezervuarı	0.07	0.21	0.14

Sulardaki tuzluluk miktarı çözünebilir tuzlara, kayalara dolayısı ile jeolojik yapıya ve arazi kullanım durumu (tarım, yerleşim, orman vs.) gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Bununla birlikte, sıcaklığın su üzerinde çözündürmeyi arttırıcı bir etki oluşturmasından dolayı da tuzluluk üzerinde dolaylı bir etkisi bulunmaktadır (Chapman, 1996). Bu sebeple, benzer şekilde, iletkenlik değerlerinde olduğu gibi tuzluluğu gösteren grafiklerde de (membadan mansaba doğru) sıcaklığa bağlı dikey eksenindeki tuzluluk değerlerinde artış görülmektedir.

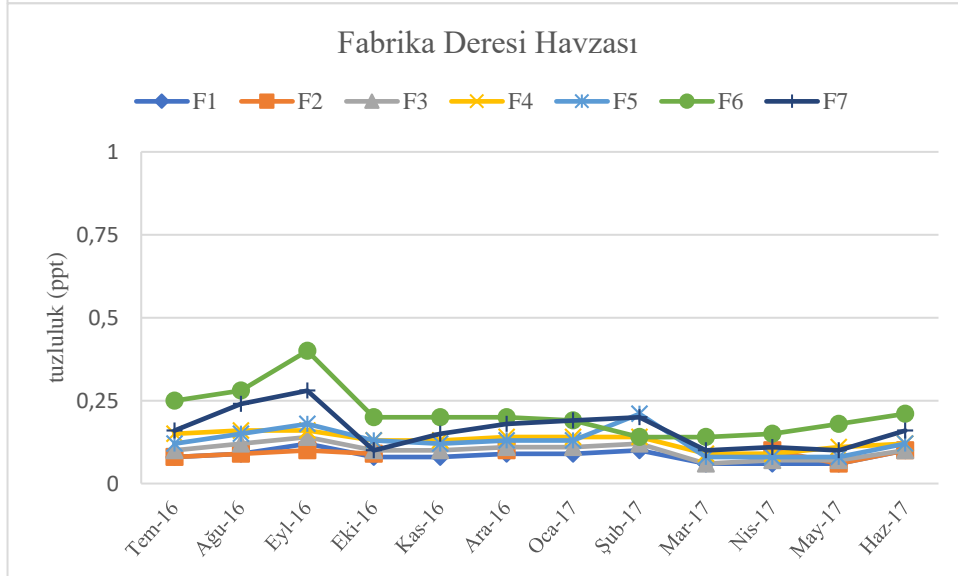
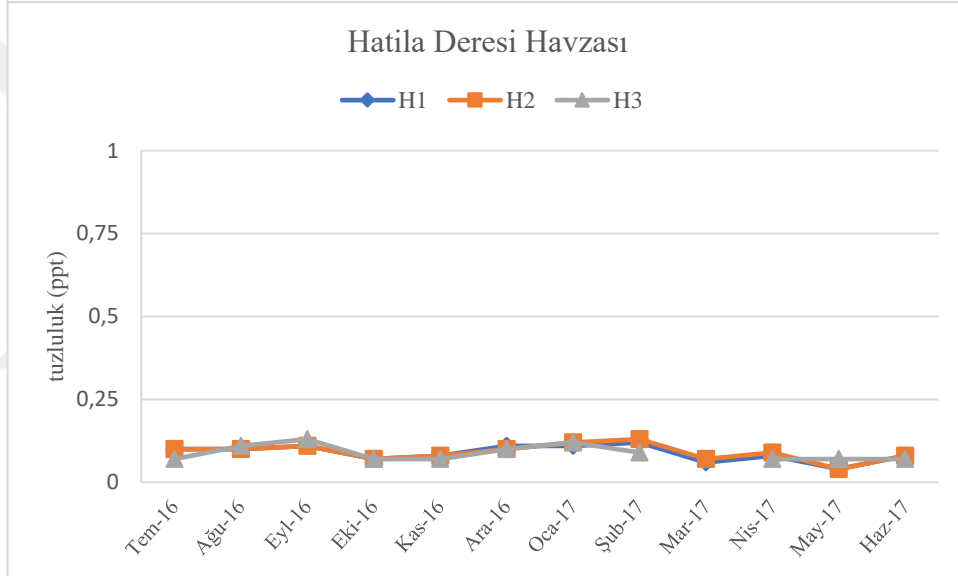
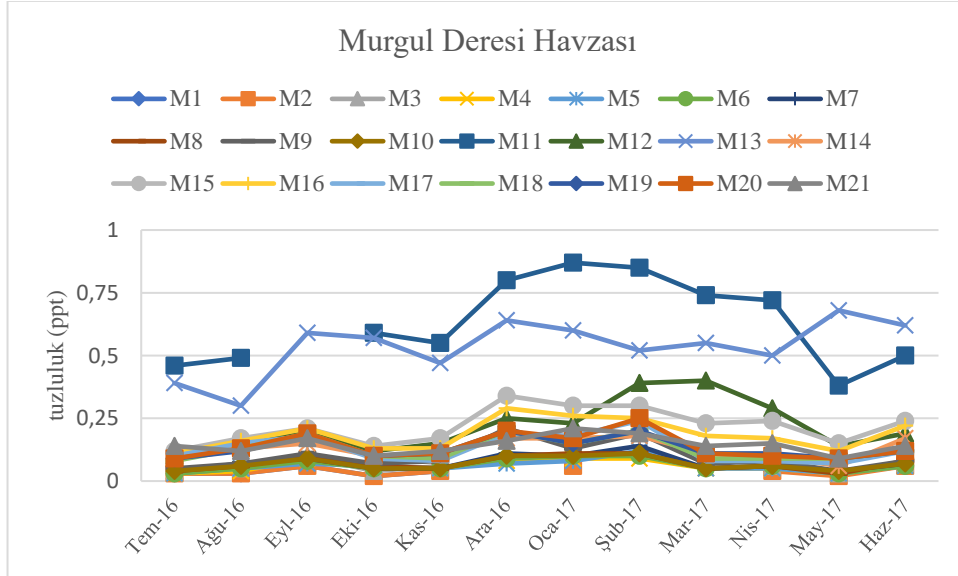
Örnek olarak; Murgul Deresi Havzası'na ait örnekleme noktalarının yıllık ortalama tuzluluk miktarlarındaki değişimleri Şekil 29 incelendiğinde, sıcaklığın ve arazi kullanımının etkisi görülmektedir. Şöyle ki; membadan (M1) mansaba (M21) doğru ilerledikçe (Şekil 29) su sıcaklığındaki artış ile beraber tuzluluk değerlerinde de paralel bir artış olduğu açıktır. Bunun yanısıra arazi kullanımının etkisi de şekilde M11 ve M13 noktalarında açıkça görülmektedir. Ayrıca M15 noktasında da belirgin bir artış gözlenmektedir ki, bunun sebebi ise bu noktanın Murgul Deresine birleşen ve maden sahası civarından gelen Damar Deresi üzerinde bulunmasıdır. Diğer bir ifade ile mevsimsel hava sıcaklığına bağlı olarak tuzluluk değerleri de değişmektedir. Yapılan benzer bir çalışmada, Seydisuyu (Eskişehir) Havzası'nda su ve sediment kalitesinin belirlenmesi kapsamında ölçülen değerlerin mevsimsel olarak ortalamaları sonbahar 0.28 g/L, kış 0.24 ppt, ilkbahar 0.27 ppt ve yaz 0.3 ppt şeklinde ölçülmüştür (Çiftçi, 2015). Ayrıca, maden sahası atık çıkışlarındaki ölçüm noktaları olan M11 ve M13

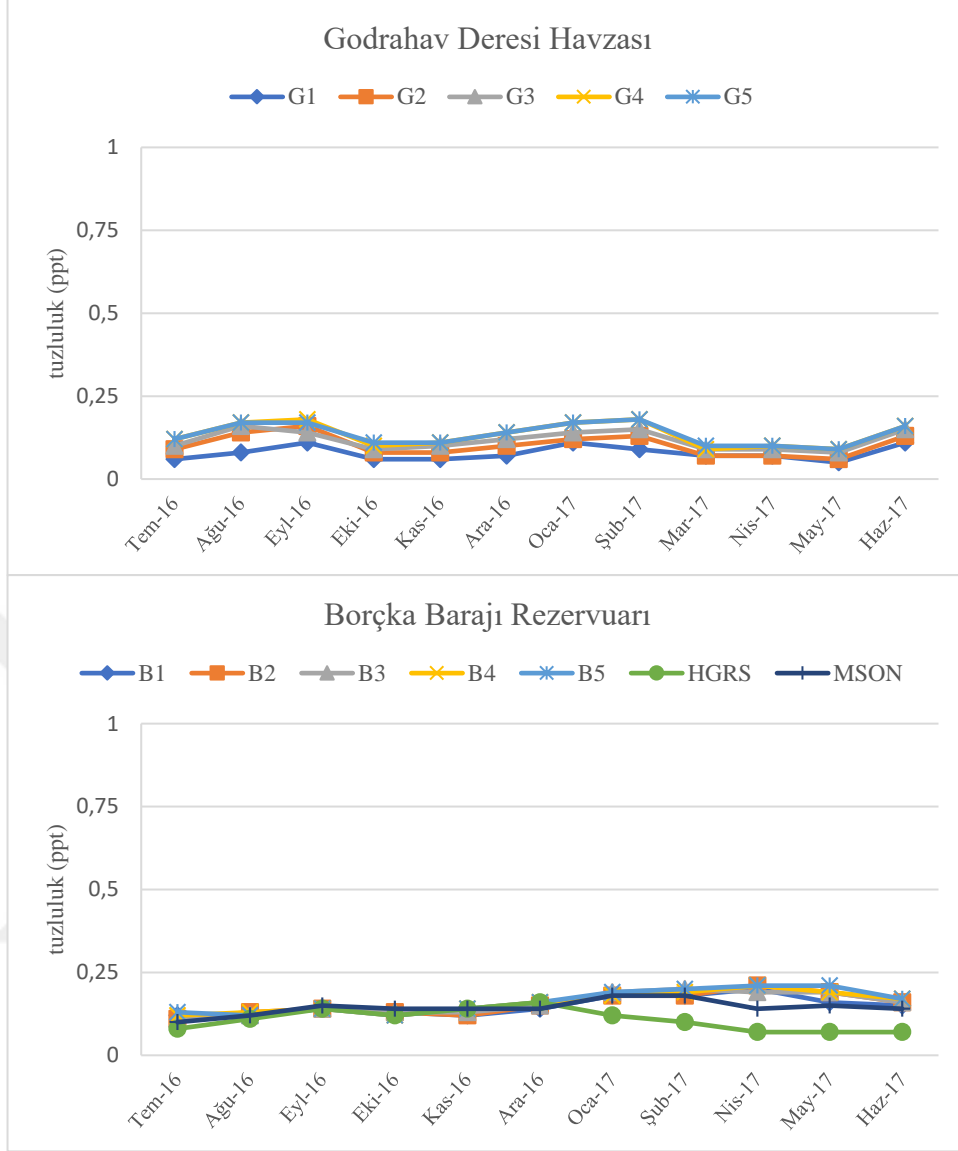
noktalarında çözülmüş madde içeriğinin yüksek olmasından dolayı bu noktalardaki tuzluluk değerlerinin de yüksek çıktığı düşünülmektedir.



Şekil 29. Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarının yıllık ortalama tuzluluk değerleri

Havzaların tuzluluk değerlerini gösteren grafikler incelendiğinde aylara göre değişimin genelde yatay doğrultuda olduğu görülürken Hatila ve Godrahav havzalarında dalgalanmalar olduğu görülmektedir. HDH’de meydana gelen dalgalanmaların, bu havzada yürütülen ve bazı noktalarda dere yatağına paralel ilerleyen içme suyu boru hattı çalışmalarından kaynaklandığı söylenebilir. Bu çalışmalarda hem mevcut yolun genişletilmesi ve hem de boruların döşenmesi sırasında dere yatağına dökülen hafriyat yığınlarında bulunan kayaçların yağışlarla yıkanmaları sonucu tuzluluk değerlerinde artış olabileceği tahmin edilmektedir. GDH’de ise tarımsal arazi kullanımının ve yerleşim alanlarının daha fazla olmasından dolayı bu alanlarda kullanılan doğal ve suni gübreler ile özellikle evsel (örn: deterjanlar) ve kanalizasyon atıklarının yüzeysel akışla yıkanarak dere suyundaki tuzluluk miktarında artışa neden olabileceği tahmin edilmektedir.





Şekil 30. Örnekleme noktalarına ait alt havzalara göre aylık tuzluluk değerleri

3.1.5. Toplam Çözünmüş Madde (TDS)

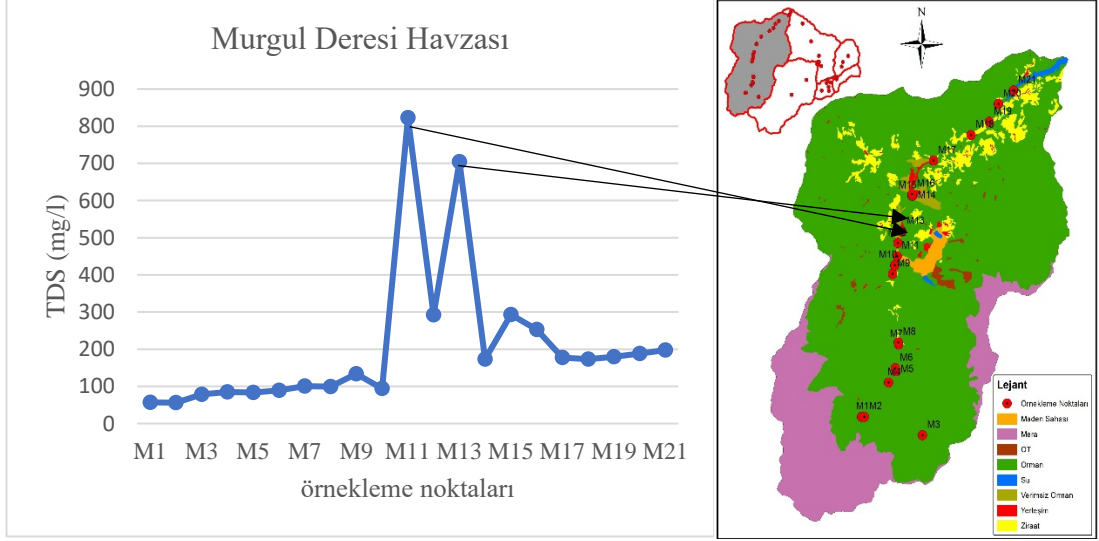
Çalışma alanındaki TDS değerlerinin havza bazında yıllık değişimleri Şekil 32’de, en düşük, en yüksek ve ortalama değerler ise havza bazında Tablo 19’da verilmiştir.

Tablo 19. Ölçüm noktalarındaki en düşük, en yüksek ve ortalama TDS değerleri

	Min. TDS (mg/l)	Maks. TDS (mg/l)	Ortalama TDS (mg/l)
Murgul Deresi Havzası	30	1124	209
Hatila Deresi Havzası	55	189	120
Fabrika Deresi Havzası	80	520	177
Godrahav Deresi Havzası	63	250	155
Borçka Baraj Rezervuarı	91	287	201

Suda çözünmüş halde bulunan organik madde ve inorganik tuz içeriği toplam çözünmüş madde olarak ifade edilmektedir. Çözünmüş maddelerin doğal kaynaklarda konsantrasyonları farklılık gösterebilir. Ancak, çözünmüş maddeler, doğal kaynakların yanı sıra evsel atıklardan, drenaj sularından, endüstriyel atık sularından da kaynaklanmaktadır (Güler, 1997). Sulardaki çözünmüş madde içeriği iletkenlik değerleri ile orantılı bir parametredir ki bu çalışmadaki elektriksel iletkenlik (Şekil 28) ve çözünmüş madde (Şekil 32) grafikleri incelendiğinde orantısal bir benzerlik olduğu görülecektir. Bunların yanı sıra ağır metaller ve organik maddelerin suda çözünen kısımları da TDS yoğunluğunu arttırmaktadır. Endüstriyel atıklar, tarımda kullanılan pestisit ve herbisitler, evsel atıklar sularda çözünmüş halde bulunan ağır metal veya organik madde içeriğini arttırmaktadır.

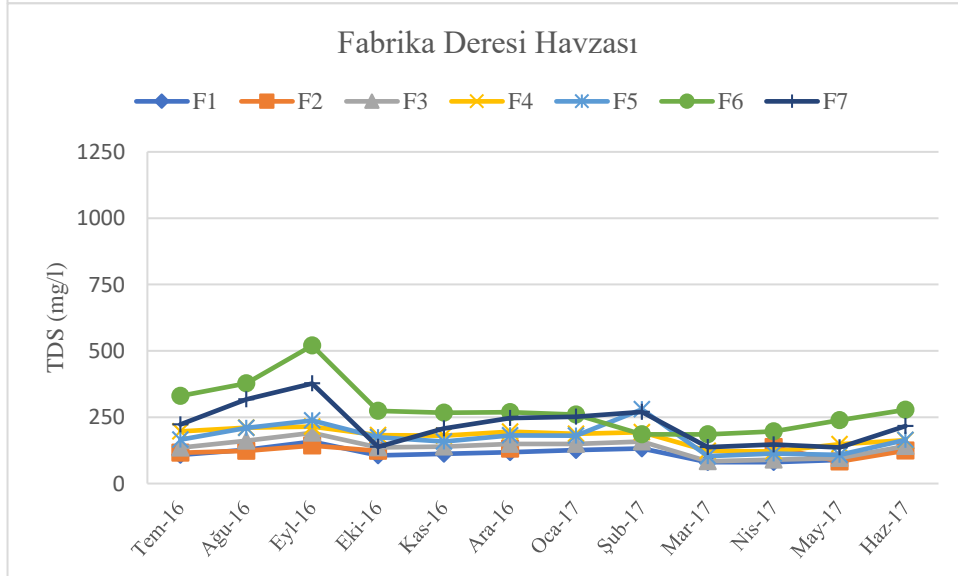
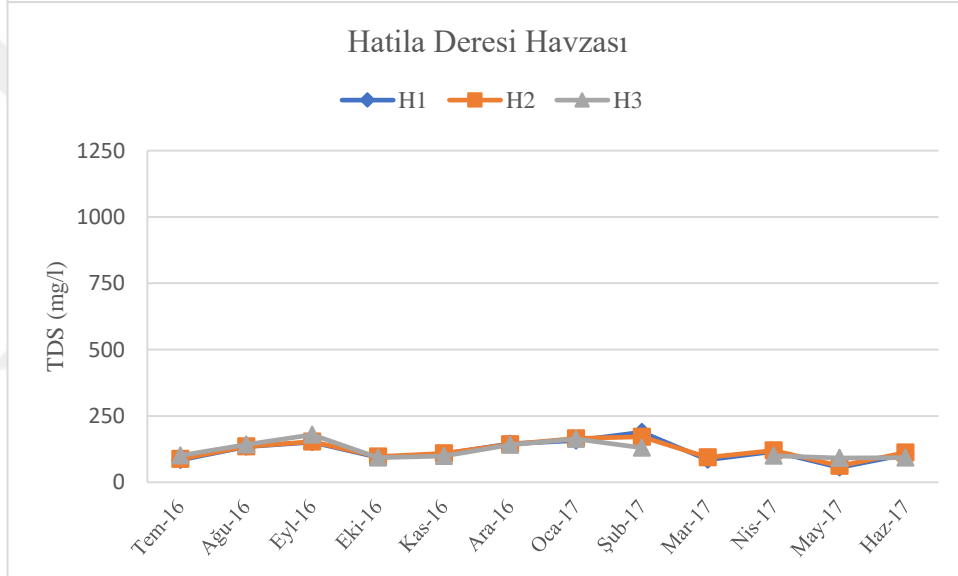
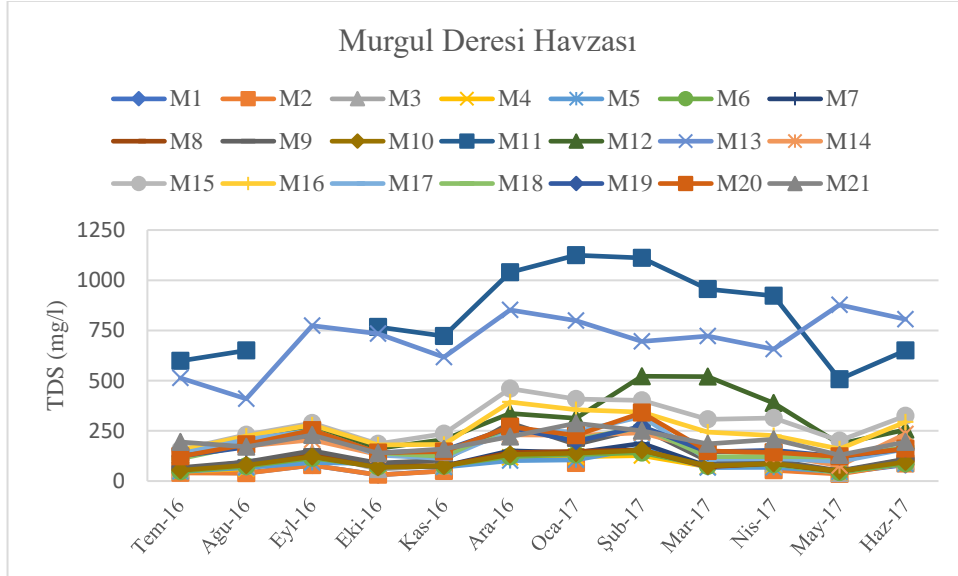
Grafikler incelendiğinde iletkenlikle orantısal şekilde paralel seyreden TDS değerleri de mabadan mansaba doğru artış göstermektedir. Şekil 31’deki grafikte MDH örneğinde bu artış daha belirgin halde görülmektedir. Bu grafikten endüstriyel atıkların bırakıldığı maden sahası noktalarındaki (M11 ve M13) pik artışlar görülmektedir.

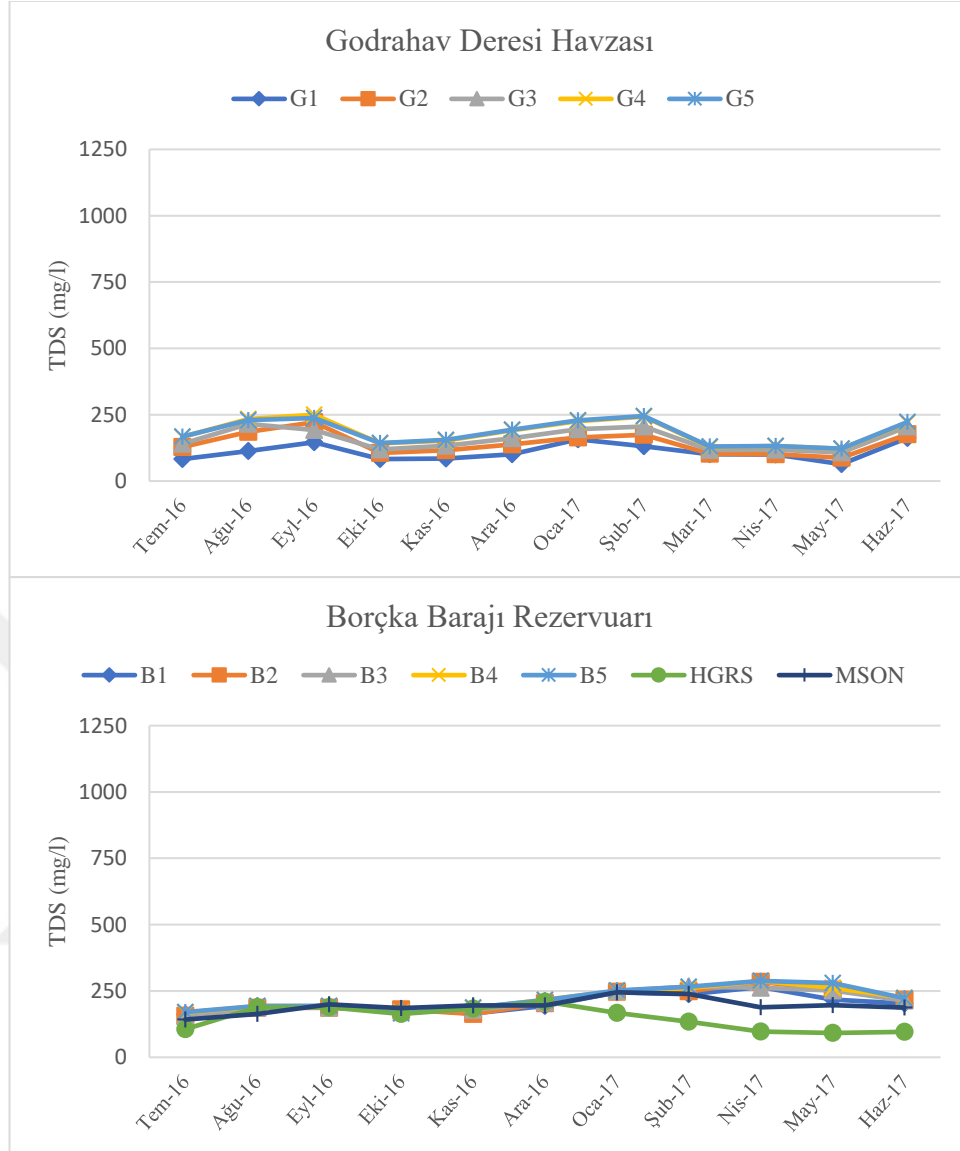


Şekil 31. Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarının yıllık ortalama TDS değerleri

Hatila Deresi Havzası'ndaki dalgalanmanın iletkenlikte olduğu gibi içme suyu boru hattı çalışmaları nedeniyle ortaya çıkan kayalardan ve hafriyattan yağışlarla yıkanan mineral içeriği olduğu tahmin edilmektedir. GDH'deki grafikte bulunan dalgalanmanın da tarımsal ve evsel faaliyetlerden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. BBR'deki değerler incelendiğinde yağışların arttığı aylarda değerlerde bir artış meydana geldiği görülmektedir. Kış sonu ve bahar mevsiminde kar erimesi ve yağışların artışıyla akarsularla baraja ulaşan su miktarı artmaktadır. Su miktarına paralel olarak taşınan çözülmüş madde miktarı da artacağından grafikte bir artış gözlenmiştir.

Çalışma alanındaki ölçüm noktaları içerisinde MDH'da bulunan maden sahası noktaları (M11 ve M13) dışında Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre "I. SINIF", maden sahası noktaları ise "II. SINIF" su kalitesi sınıfına girmektedir (SKKY, 2004). Literatüre bakıldığında TDS konsantrasyonunun su kaynağı ile ilgili olduğu ve dağlık alanlardaki akarsularda ortalama değer 200 mg/l olduğu bildirilmiştir (Kent ve Belitz, 2004). Trabzon İl sınırları içerisindeki akarsularda yapılan bir çalışmada TDS değerlerinin 21-319 mg/l arasında değiştiği bildirilmiştir (Gültekin ve ark., 2012).





Şekil 32. Örnekleme noktalarına ait alt havzalara göre aylık toplam çözünmüş madde (TDS) değerleri

3.1.6. Çözünmüş Oksijen (DO)

Çalışma alanındaki ölçüm noktalarında ölçülen çözünmüş oksijen değerlerinin havza bazında yıllık değişimleri Şekil 33’de, en düşük, en yüksek ve ortalama değerler ise Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 20. Ölçüm noktalarındaki en düşük, en yüksek ve ortalama çözünmüş oksijen (DO) değerleri

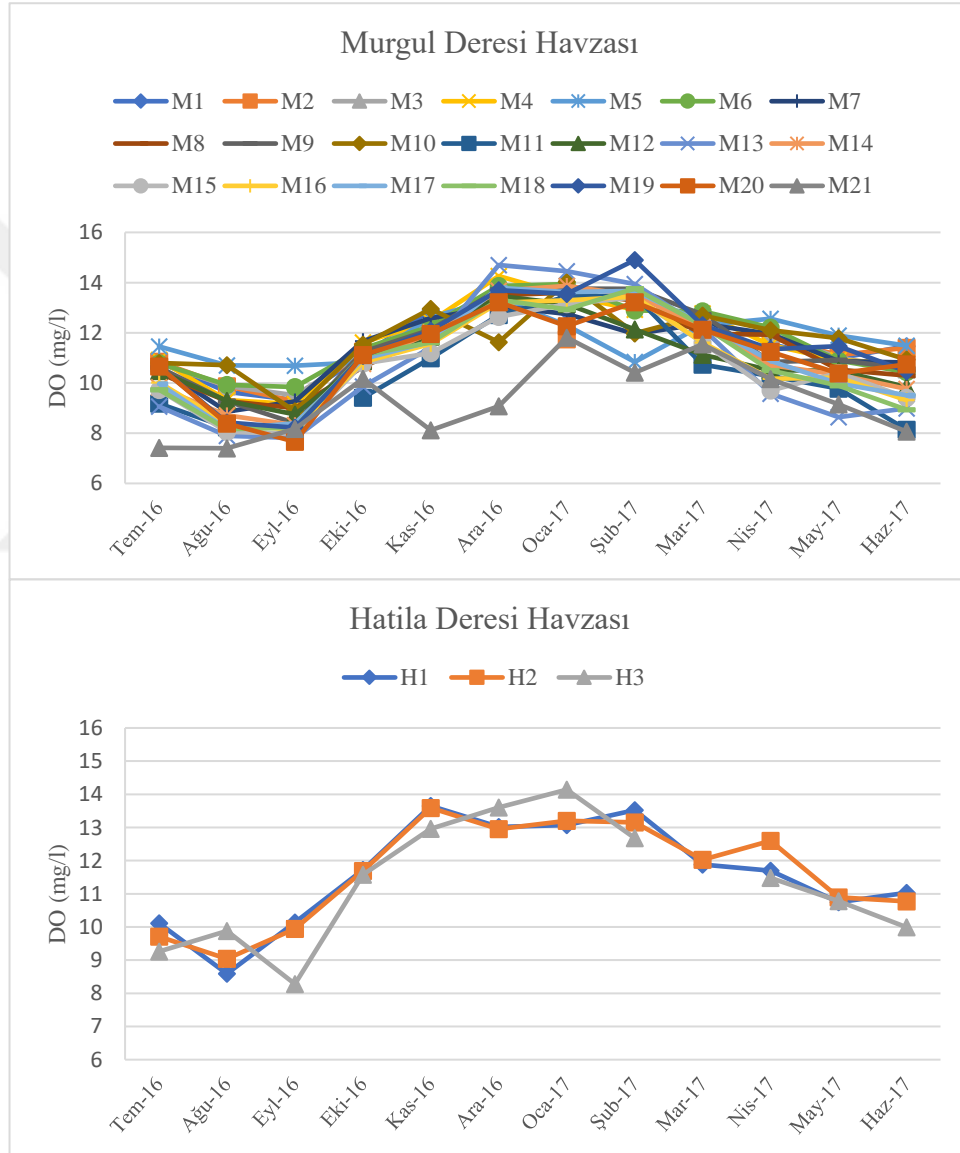
	Min. Çözünmüş Oksijen (mg/l)	Maks. Çözünmüş Oksijen (mg/l)	Ortalama Çözünmüş Oksijen (mg/l)
Murgul Deresi Havzası	7.4	14.9	11.1
Hatila Deresi Havzası	8.3	14.1	11.5
Fabrika Deresi Havzası	6.1	13.9	10.7
Godrahav Deresi Havzası	8.0	13.8	11.1
Borçka Baraj Rezervuarı	8.3	13.5	10.1

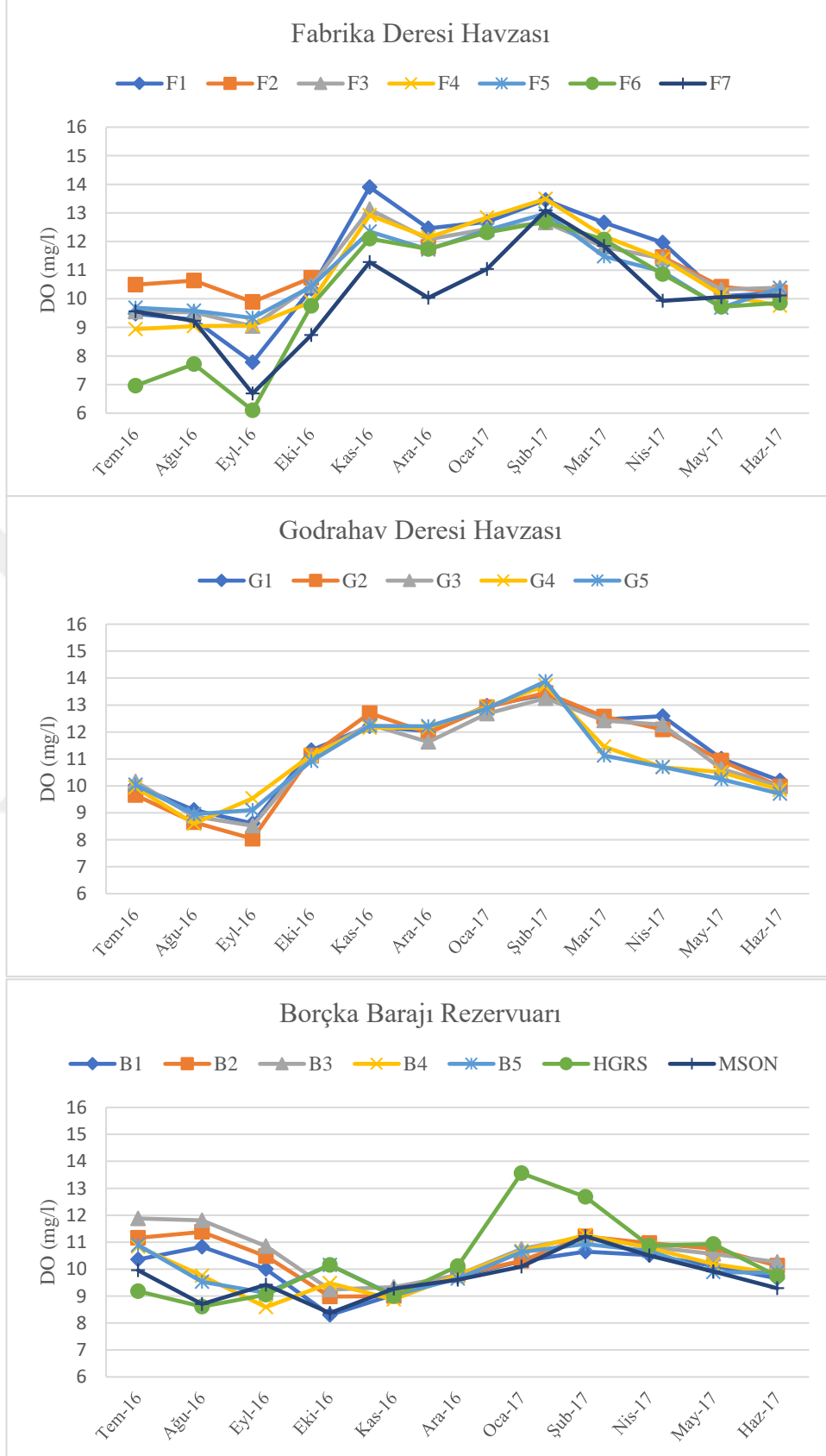
Su kaynaklarının kirlenmesi ile ilgili en önemli parametrelerden birisi olan çözünmüş oksijenin doğal tatlı sulardaki konsantrasyonu genel olarak 8-14 mg/l arasında değişmektedir. Bu değer 5 mg/l’den düşük olması canlılar için toksik etki oluşturmaktadır (Chapman, 1996). Bu araştırma açısından grafikler incelendiğinde ortalama çözünmüş oksijen değerlerinin “Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği” ne göre genel olarak >8 mg/l olduğundan “I. SINIF” sularından olan “Yüksek Kaliteli Sular” sınıfına girdiği görülmektedir (YSKY, 2015). Ancak bazı ölçüm noktalarında, DO miktarının kritik değer olan 5mg/l’ye yaklaştığı dönemler olduğu da tespit edilmiştir. Örneğin, MDH’da maden sahasındaki noktalarda ve FDH’de yerleşim merkezinin çıkışındaki noktalarda özellikle yaz dönemlerinde atık suların karışmasıyla oksijen doygunluğu daha da düşerek “II. SINIF” su kalitesine gerilemiştir.

Çözünmüş oksijen doygunluğu, tuzluluk ve sıcaklık ile ters orantılı olarak değişmektedir. Benzer şekilde, çalışma alanında da yaz mevsiminde sıcaklığın artmasıyla birlikte çözünmüş oksijen miktarlarında beklendiği gibi bir azalma eğilimi olduğu görülmüştür (Şekil 33).

Solaklı Deresi Havzası’nda (Trabzon) bulunan NT-HES’lerin su kalitesine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada çözünmüş oksijen miktarları 6.2 – 13.6 mg/l arasında ölçülmüştür (Koralay, 2015). Doğu Karadeniz havzası akarsularının fiziko-kimyasal

su kalitesinin mevsimsel değişimlerinin belirlenmesine yönelik bir çalışmada 11 farklı akarsuyun çıkış noktalarından yapılan ölçümlerde değerlerin 7.8 ile 11.44 mg/l arasında değiştiği bildirilmiştir (Serdar, 2015). Van gölüne çıkış yapan Karmuç ayı su kalitesinin izlendiği bir çalışmada çözünmüş oksijen değerlerinin 7.02 ile 9.77 mg/l arasında değiştiği belirtilmektedir (Sönmez, 2015).





Şekil 33. Örnekleme noktalarına ait alt havzalara göre aylık çözülmüş oksijen (DO) değerleri

3.1.7. Askıda Katı Madde

Çalışma alanındaki AKM değerlerinin havza bazında yıllık değişimlerine ait grafikler Şekil 34 ve Şekil 35’de ve en düşük, en yüksek, ortalama değerler Tablo 21’de verilmiştir.

Tablo 21. Ölçüm noktalarındaki en düşük, en yüksek ve ortalama askıda katı madde (AKM) değerleri

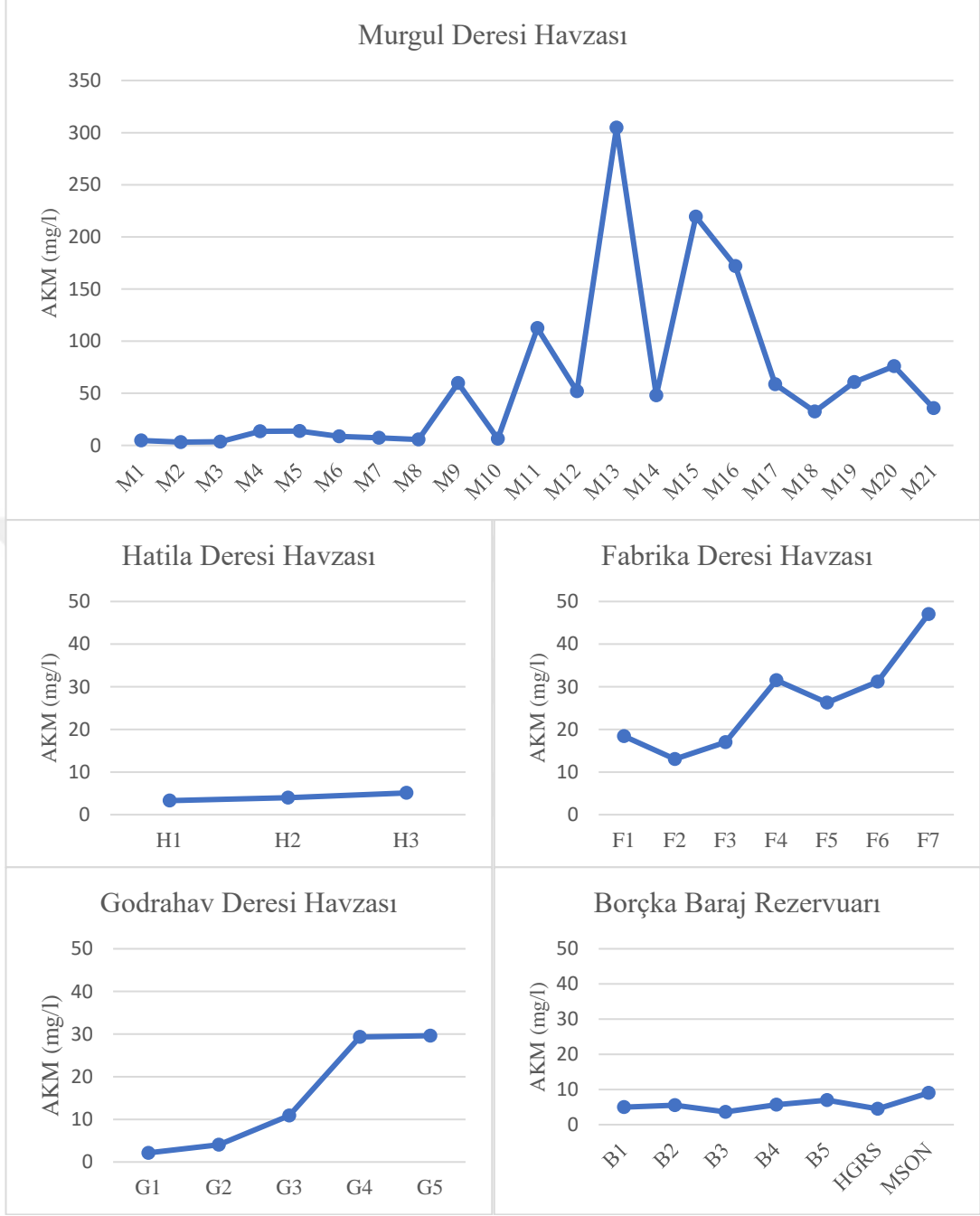
	Min. Askıda Katı Madde (AKM) (mg/l)	Maks. Askıda Katı Madde (AKM) (mg/l)	Ortalama Askıda Katı Madde (AKM) (mg/l)
Murgul Deresi Havzası	0.1	511.1	64.0
Hatila Deresi Havzası	0.2	11.7	4.1
Fabrika Deresi Havzası	0.1	224.1	27.0
Godrahav Deresi Havzası	0.1	134.2	14.0
Borçka Baraj Rezervuarı	0.7	24.9	5.7

Su içerisinde süspansiyon halde bulunan ve/veya taşınan askıda katı madde (AKM), yükseltiye, eğim derecesine, yağış miktarına ve arazi kullanım durumuna bağlı olarak havza boyunca genelde mabdan mansaba doğru bir artış göstermektedir. İnsan aktiviteleri ve erozyon, sel, taşkın, heyelan gibi doğal çevresel faktörler sonucu yüzey sularının AKM miktarında artış olabilir (C. T. Yang, 1996). Çalışma alanındaki noktalar alt havzalara göre incelendiğinde (Şekil 34) yıllık ortalama AKM değerlerinin genel olarak mabdan mansaba doğru bir artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Şekil 35’de ise aylık değişimleri görülen ölçüm noktalarının beklendiği üzere yağışların arttığı bahar aylarında pik yaptığı görülmektedir.

Yukarıda bahsedildiği üzere insan faaliyetleri sonucu müdahale görmüş havzalarda AKM miktarında artışlar olabilmektedir. Bunun bir örneği de MDH’de görülmektedir. Çalışma alanındaki diğer havzalarda aylara göre AKM değerlerinde mabdan mansaba indikçe birbirine paralel artış görülürken MDH’da dalgalanmalar görülmektedir. Benzer şekilde ölçüm noktaları bazında da yıllık ortalama miktarlarında diğer havzalarda mabdan mansaba bir artış gözlenirken MDH’daki artış eğrisinde hem pik değerler hem de sürekli dalgalanmalar mevcuttur. Özellikle MDH’nda bulunan maden sahası çıkış noktası (M13), yıllık ortalama 304 mg/l ile

çalışma alanındaki en yüksek AKM ölçümlerinin bulunduğu nokta olmuştur. Bu noktadaki değerlerin ortalaması Şekil 34'daki dalgalanmanın en yüksek ucunda yer almaktadır. Bu havzaya ait her iki grafikteki diğer dalgalanmaların nedeni ise bir yandan yan dere kollarının birleşmesiyle AKM konsantrasyonunun artması, diğer yandan ise havzada birbiri ardına kurulu NT-HES tesislerinin kuyruk suyu çıkışı ile AKM konsantrasyonunun düşmesidir. Örneğin, Şekil 34 incelendiğinde M8 noktasına kadar değerler 10 mg/l civarında seyrederken, Muruvan Deresi ile birleştikten hemen sonraki M9 noktasında yapılan ölçümlerde değer 50 mg/l'nin üzerinde çıkmaktadır. Bir sonraki M10 noktası ise bir NT-HES tesisinin kuyruk suyu çıkışı olması sebebiyle M7 noktasından aldığı suyu bu noktadan bırakmakta ve burada AKM değerinin neredeyse M7 seviyesine düştüğü tespit edilmiştir. Diğer bir ifade ile hem M7 noktasında zaten AKM değerinin düşük olmasından hem de dereden alınan suyun cebri boruya aktarılmadan önce bekletme havuzunda bir süre tutulmasından dolayı M10 noktasında AKM miktarının tekrar 10 mg/l civarına indiği ortaya konulmuştur.

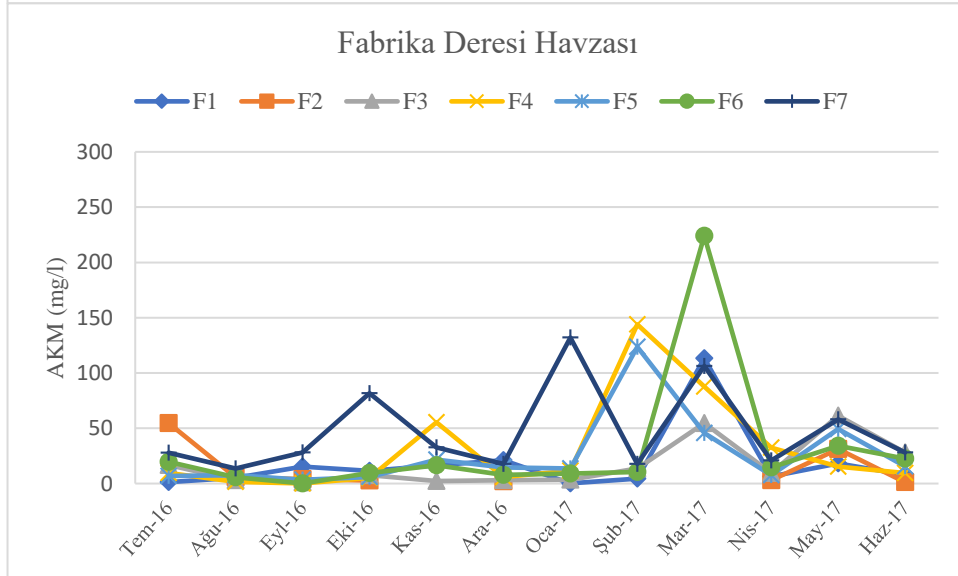
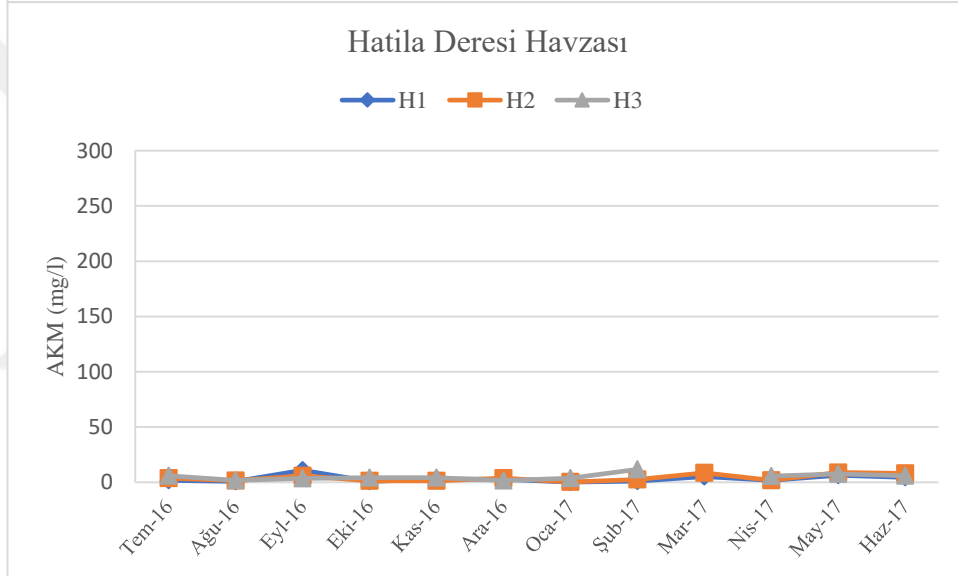
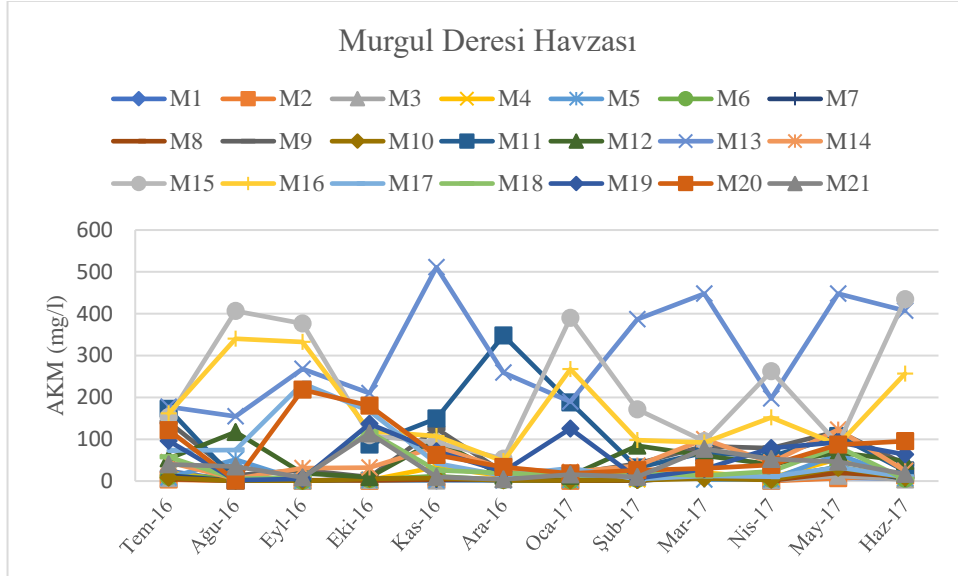
HDH'nda yerleşim, tarım gibi arazi kullanımları ve bağlantılı faaliyetler oldukça sınırlı olduğundan ve orman alanlarının fazla olmasından dolayı AKM değerlerinin beklendiği üzere normal düzeyde olduğu söylenebilir. Buna karşılık, FDH ve GDH alt havzalarında ise çok daha fazla yerleşim ve tarım alanları bulunduğu için özellikle bu havzaların çıkış noktalarında AKM düzeylerinde artış tespit edilmiştir (Şekil 34). Son olarak, BBR noktalarındaki AKM miktarlarının Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nce belirlenen baraj haznelerinin ötrofikasyon kontrolü sınır değerlerinin altında kaldığı ortaya çıkmıştır (SKKY, 2004) ki bu yönetmeliğe göre sınır değerler doğal koruma ve rekreasyon alanları için 5 mg/l, çeşitli kullanımlar için 15 mg/l olarak belirtilmiştir. BBR'na ait aylık değişim grafiği incelendiğinde rezervuara en fazla AKM'nin bahar mevsiminde ve MDH havzasından taşındığı, rezervuardaki genel ortalamasının ise 10 mg/l'nin altında seyrettiği belirlenmiştir.

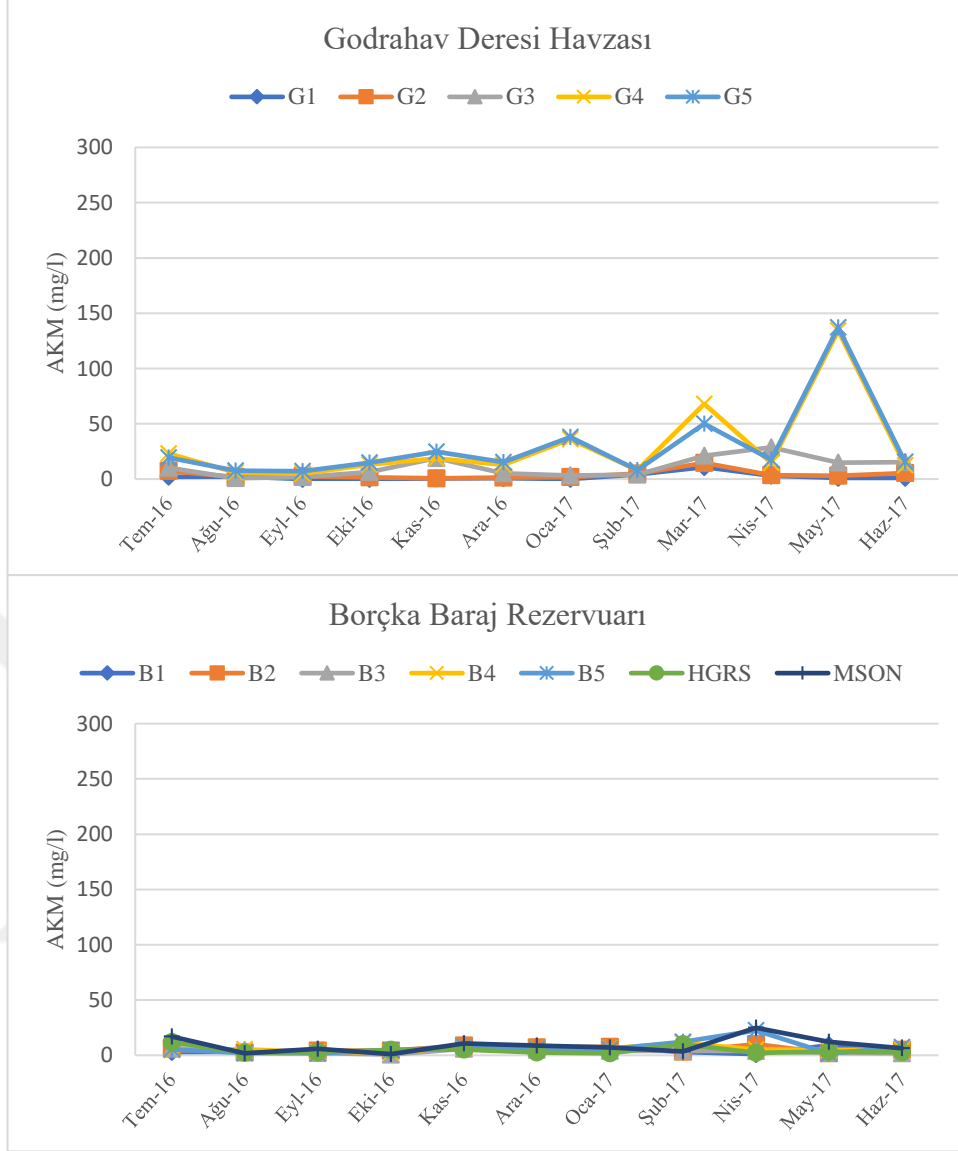


Şekil 34. Çalışma alanı örnekleme noktalarının yıllık ortalama AKM değerleri

Önemli bir su kalitesi parametresi olan AKM, normal seviyenin üzerine çıkarsa güneşten gelen enerjinin su içerisine geçişini engelleyerek karbondioksit ve oksijen dengesini bozmakta ve su kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Sularda belirli bir miktarın üzerinde bulunması fiziksel kirlenmeye de sebebiyet vermektedir. Bu yönüyle de yine su kalitesini olumsuz yönde etkileyen suyun bulanmasına, ışık geçirgenliğinin ve oksijen miktarının azalmasına yol açmaktadır. Akarsuların taşıdığı AKM yükünün bilinmesi ve ileriye yönelik tahminlerinin yapılması havza yönetim çalışmaları ve planlamaları açısından büyük önem taşımaktadır (Sivakumar, 2006; Güngör, 2011).

Literatüre bakıldığında Borçka Baraj Rezervuarında, Murgul Deresinde ve barajın membasında (Çoruh Nehri) yapılan başka bir çalışmada ölçümler kış ve ilkbahar mevsiminde aylık olarak 6 ay boyunca yapılmıştır. Buna göre rezervuar alanında AKM miktarının baraj rezervuarında 19 – 122 mg/l, Murgul Deresinde 90-609 mg/l ve barajın membası Çoruh Nehri anakolunda 59-1383 mg/l arasında değiştiği bildirilmiştir (Kenanoğlu ve ark., 2011). NT-HES'lerin su kalitesine etkilerinin araştırıldığı Solaklı Deresi Havzası'nda (Trabzon) bulunan bir çalışmada da AKM miktarlarında membadan mansaba doğru artışın doğrusal olmayıp dalgalanma olduğu (bu araştırmadaki sonuçları destekler biçimde) görülmüş ve ortalama AKM miktarının 30 – 190 mg/l arasında olduğu bildirilmiştir (Koralay, 2015).





Şekil 35. Örnekleme noktalarına ait alt havzalara göre aylık askıda katı madde (AKM) değerleri

3.1.8. Toplam Azot (TN)

Çalışma alanındaki toplam azot değerlerine ait havzalara göre grafikler Şekil 36'de verilmiştir. Havzalara göre en düşük, en yüksek, ortalama değerler ise Tablo 22'da verilmiştir.

Tablo 22. Ölçüm noktalarındaki en düşük, en yüksek ve ortalama toplam azot (TN) değerleri

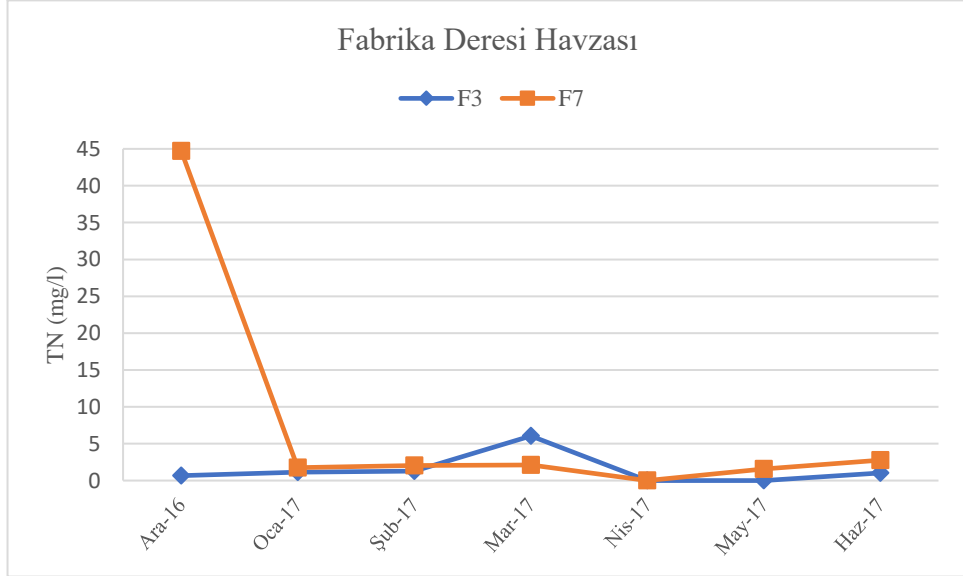
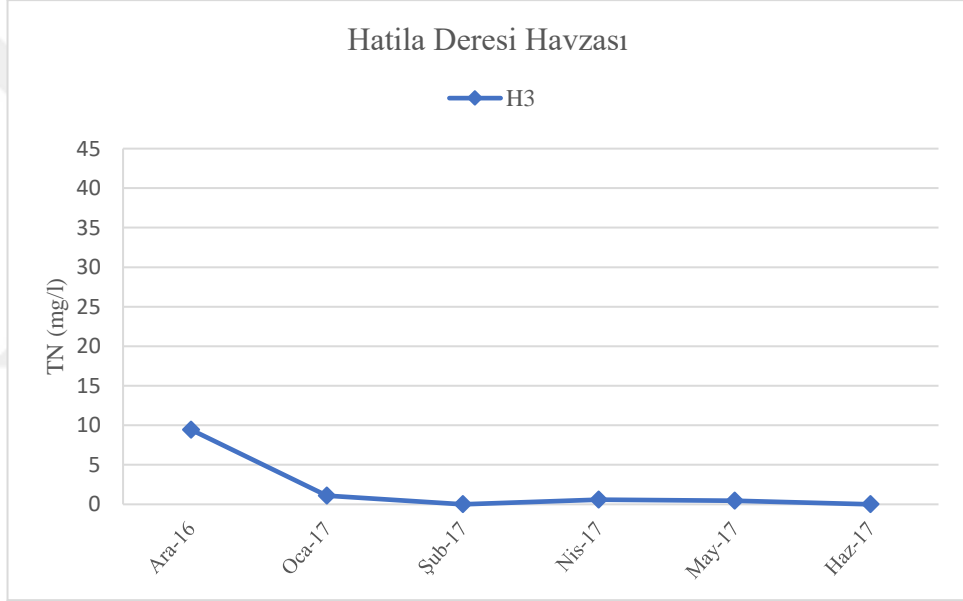
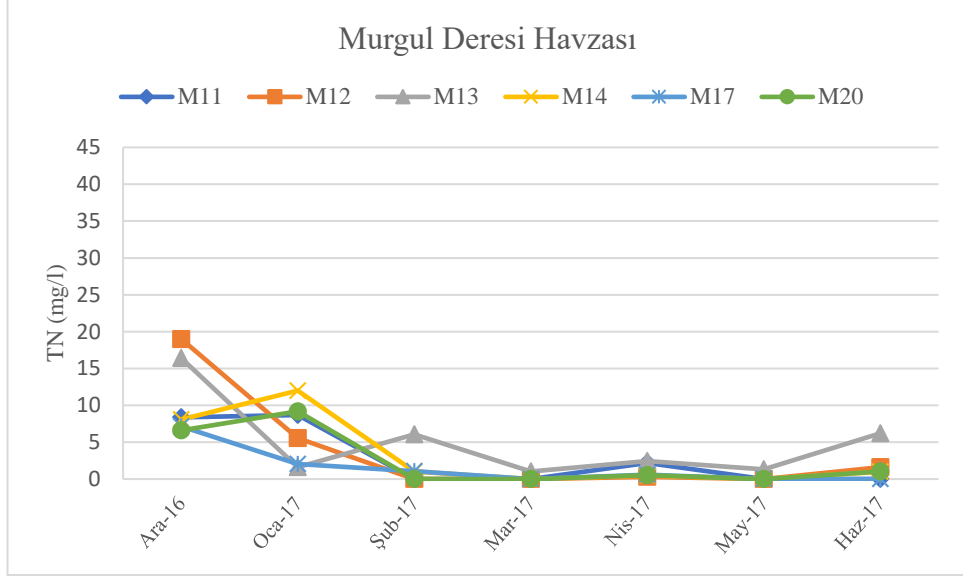
	Min. TN (mg/l)	Maks. TN (mg/l)	Ortalama TN (mg/l)
Murgul Deresi Havzası	0	19	3.1
Hatila Deresi Havzası	0	9.4	1.8
Fabrika Deresi Havzası	0	44.7	4.6
Godrahav Deresi Havzası	0	9.8	1.3
Borçka Baraj Rezervuarı	0	11.4	1.7

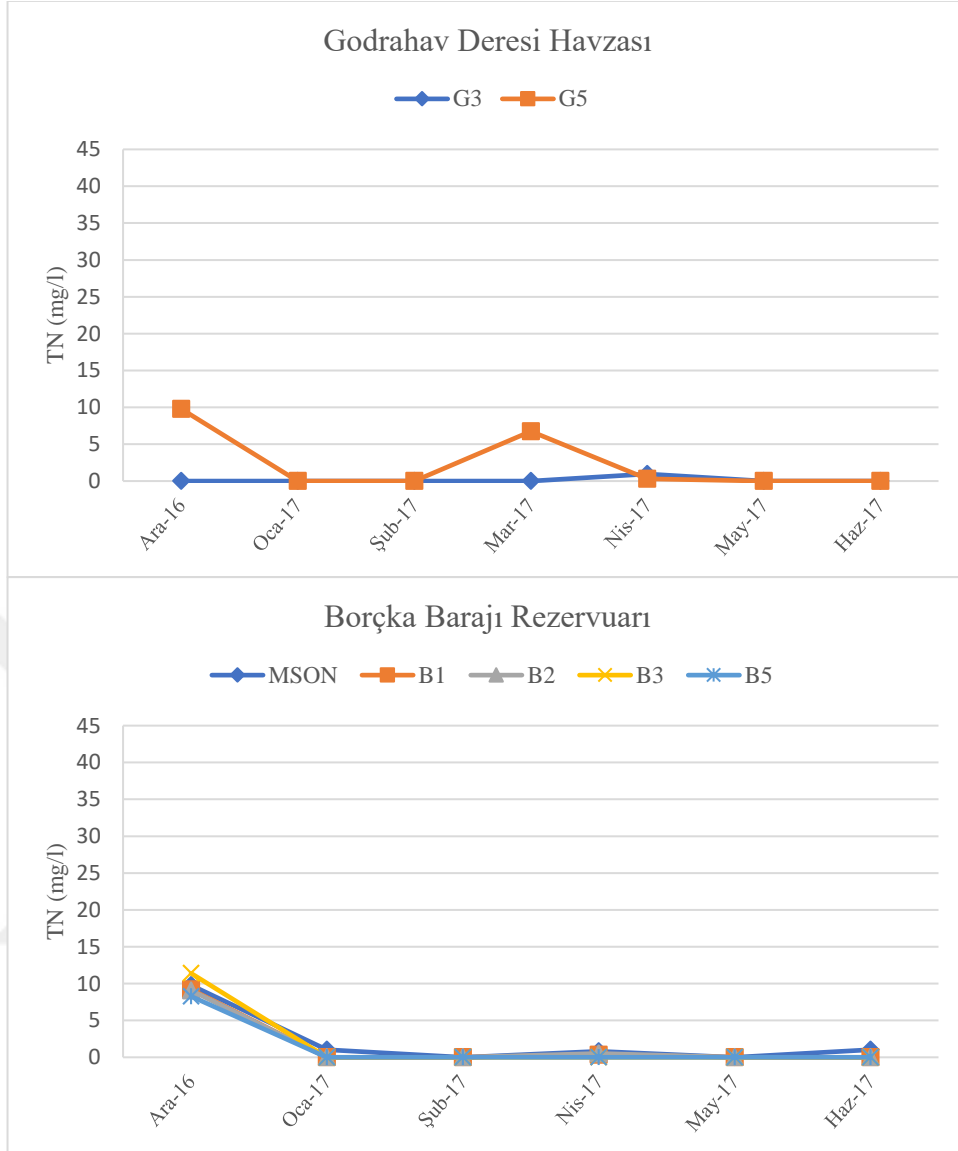
Canlı yaşamının en temel maddelerinden biri olan azot; doğada amonyum, amonyak, azot gazı, nitrit ve nitrat olmak üzere çok farklı formlarda bulunmaktadır. Toplam azot ise bütün bu formların toplamını temsil etmektedir. Azotun temel kaynakları olarak; bitkiler tarafından atmosferde bulunan azot gazının bağlanması, sucul ortama organik madde karışımı ve bazı kayaların ayrışması şeklinde gerçekleşen bazı süreçler sayılabilir (Özyuvacı, 1993). Sulara doğal yollarla karışan azot kaynaklarının yanı sıra evsel ve endüstriyel atıkların deşarjı, tarımsal faaliyetlerde kullanılan azotlu gübreler de azot yükünü arttırmaktadır. Azotun sucul ortamda doğal miktarı belirli oranlarda bulunduğundan azot miktarının yüksek olduğu atık deşarjları mikroorganizma faaliyetlerini hızlandırarak ötrofikasyona dolayısıyla su kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır (Harper, 1992).

Çalışmamızda Aralık-2016 ile Haziran-2017 dönemindeki TN ölçümlerinde en yüksek değerlerin Aralık ayında ölçüldüğü görülmüştür (Şekil 36). Havzalara göre bakıldığında en yüksek değer ortalama 4.6 mg/l ile FDH'de, onu takip eden değer 3.1 mg/l ortalama ile MDH olduğu görülecektir. FDH'de değerlerin yüksek çıkmasında evsel atıkların yanı sıra tarımsal faaliyetlerin de etkisi söylenebilir. MDH'de evsel atıklar ve tarım faaliyetlerinin yanı sıra maden sahasından gelen endüstriyel atıkların etkisi de Tablo 22'dan M11 ve M13 için rahatlıkla görülebilir. GDH'de TN artışlarının havzanın çıkış noktasında bazı aylarda pik yaptığı

görülmektedir. Bu artışların havzanın çıkışında yer alan sanayi bölgesinin atıklarından kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir.

Literatürde benzer çalışmalara bakıldığında bölgede yapılan bir çalışmada Borçka Baraj Rezervuarının su kalitesi parametreleri istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmiştir. Çalışma için Nisan 2013 tarihinde baraj rezervuarında 4 noktada farklı derinlik kademelerinden su örnekleri alınmıştır. Sonuçlara göre TN değerinin yüzey, orta ve dipte 0.326 mg/l ile 0.547 mg/l arasında değiştiği belirtilmiştir (Bilgin, 2015). Sonuçlar çalışmamızdaki baraj rezervuarına ait Nisan 2017 değerleri ile uyum göstermektedir. Başka bir çalışmada Van Gölü'ne çıkış yapan Karmuç Çayı'nın su kalitesi parametreleri incelenmiştir. Çalışma kapsamında akarsu üzerinden 4, gölden 1 olmak üzere 5 noktadan örnekler alınmıştır. Nazik Gölü'nden çıkış yapıp Van Gölü'ne ulaşan Karmuç Çayı'nın evsel tarımsal ve endüstriyel kirleticilerin etkisi altında olduğu belirtilmektedir. Sonuçlara göre ortalama TN değerlerinin 5. nokta Van Gölü'nde olacak şekilde sırasıyla 1.52 mg/l, 1.60 mg/l, 2.96 mg/l, 2.73 mg/l ve 0.29 mg/l olarak ölçüldüğü bildirilmiştir (Sönmez, 2015). Doğu Karadeniz Havzası'nda yapılan bir çalışmada Karadeniz'e ulaşan derelerin çıkış noktalarındaki yapılan ölçümlerde çalışma periyodundaki yıl boyunca TN değeri ortalamalarının 0.27 ile 3.07 mg/l arasında değiştiği belirtilmiştir (Serdar, 2015).





Şekil 36. Örneklem noktalarına ait alt havzalara göre aylık toplam azot (TN) değerleri

3.1.9. Nitrat Azotu (NO₃-N)

Çalışma alanındaki nitrat azotu değerlerine ait havza bazındaki grafikler Şekil 38’de ve en düşük, en yüksek, ortalama değerler havzalara göre Tablo 23’de verilmiştir. Su kalitesi ölçüm cihazının nitrat probu arızalanması ve yenisini tedarik sürecinin uzun sürmesinden dolayı Aralık-2016 ile Mart-2017 arası verileri ölçülemediği için.

Tablo 23. Ölçüm noktalarındaki en düşük, en yüksek ve ortalama nitrat azotu (NO₃-N) değerleri

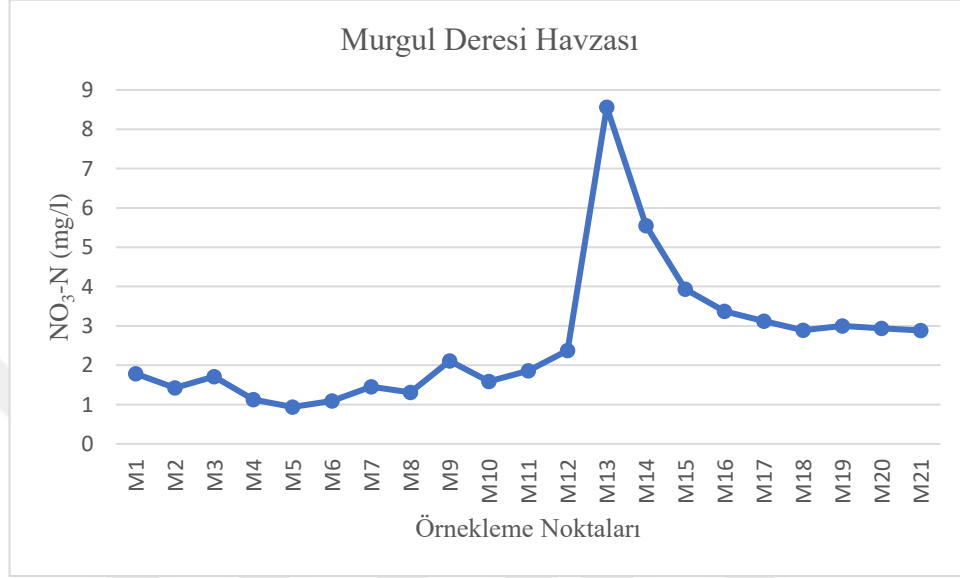
	Min. NO ₃ -N (mg/l)	Maks. NO ₃ -N (mg/l)	Ortalama NO ₃ -N (mg/l)
Murgul Deresi Havzası	0.2	26.5	2.62
Hatila Deresi Havzası	0.3	1.8	1.17
Fabrika Deresi Havzası	0.3	6.6	2.21
Godrahav Deresi Havzası	0.1	13.7	2.54
Borçka Baraj Rezervuarı	0.4	2.8	1.31

Nitrat (NO₃) sulara azot bileşiklerinden biri olarak bulunan önemli bir su kalitesi parametresidir (Güler ve Çobanoğlu, 1994). Doğal sulara bulunan nitrat hayvansal ve bitkisel atıkların ayrışması sonucu ortaya çıkan amonyağın oksitlenmesinden, tarımsal amaçlı nitrat içeren gübrelerin çözünerek suya karışmasından, atmosferdeki elektriksel deşarjlar sonucu azotun azot oksitlere dönüşmesinden kaynaklanmaktadır (Davie, 2008).

Bu çalışmadaki sonuçlar irdelendiğinde, nitrat seviyesinde mabdan mansaba doğru genel olarak bir artış olduğu gözlemlenmektedir. Alt havzalara göre ise her havzanın arazi kullanımının farklı olmasından dolayı ölçülen değerlerde de farklılıklar görülmüştür. Örneğin, HDH’da ölçülen değerler doğal ekosistemlerde beklenen durumu yansıtmaktayken, FDH’da özellikle yerleşim alanlarından kaynaklanan evsel atıkların ve tarımsal faaliyetlerin neden olduğu bir artış görülmektedir. GDH’da da tarımsal faaliyetler sırasında doğal veya suni gübrelemenin ve havzanın çıkışında yer alan sanayi sitesindeki endüstriyel atıkların nitrat seviyesini arttırmış olacağı tahmin edilmektedir.

Azotun bir başka kaynağı da maden sahalarındaki patlatmalardır. Kullanılan nitrogliserin sonucu açığa azot gazı salınmakta ve oksitlenerek veya suya karışarak azotun

çeşitli formlarına dönüştüğü bilinmektedir (Durşen ve Yasun, 2012). Bunun bir örneğinin de MDH’de olduğu düşünülmektedir. Şekil 37 incelendiğinde mambadan mansaba artış sırasında maden sahası çıkış noktasında (M13) pik artış yaptığı görülmektedir.



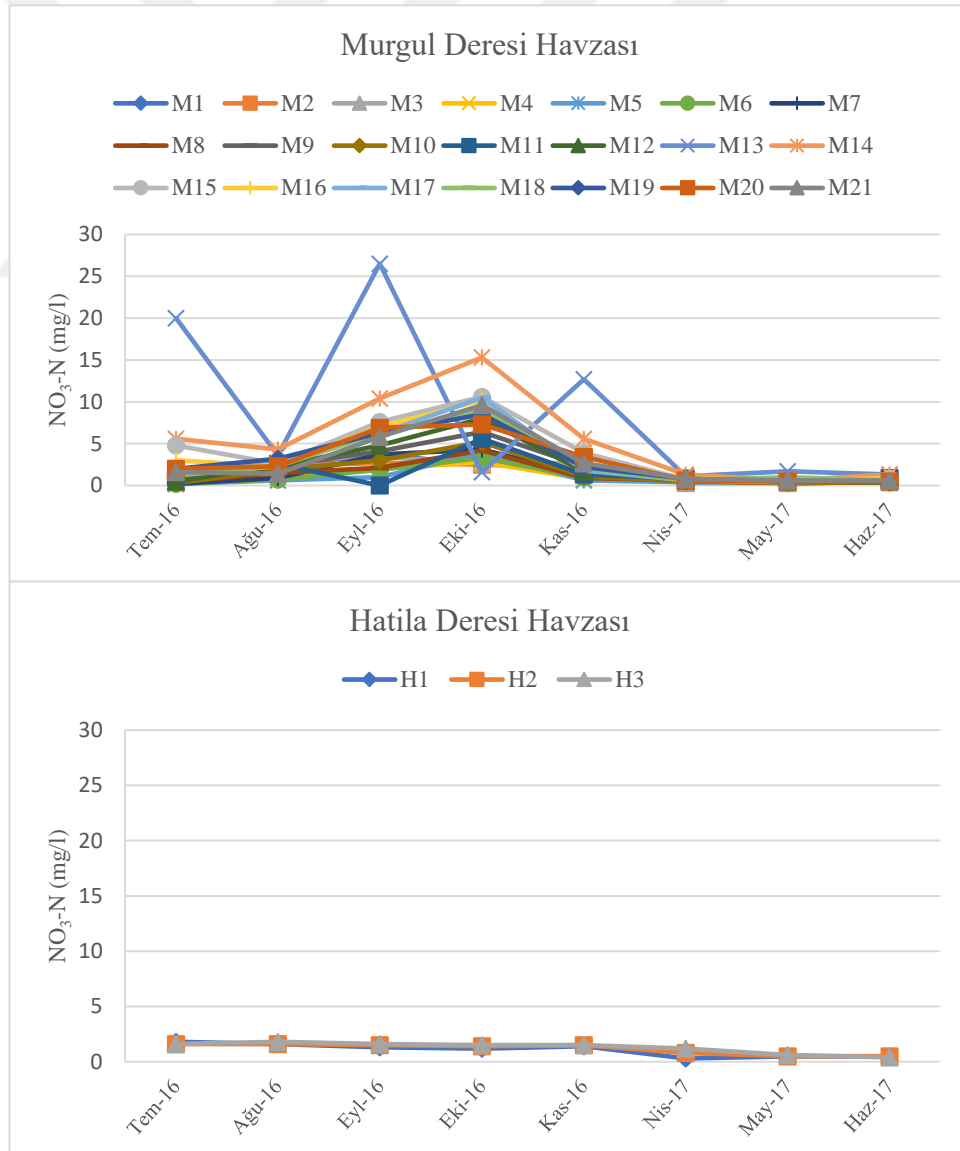
Şekil 37. Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarının yıllık ortalama nitrat azotu (NO₃-N) değerleri

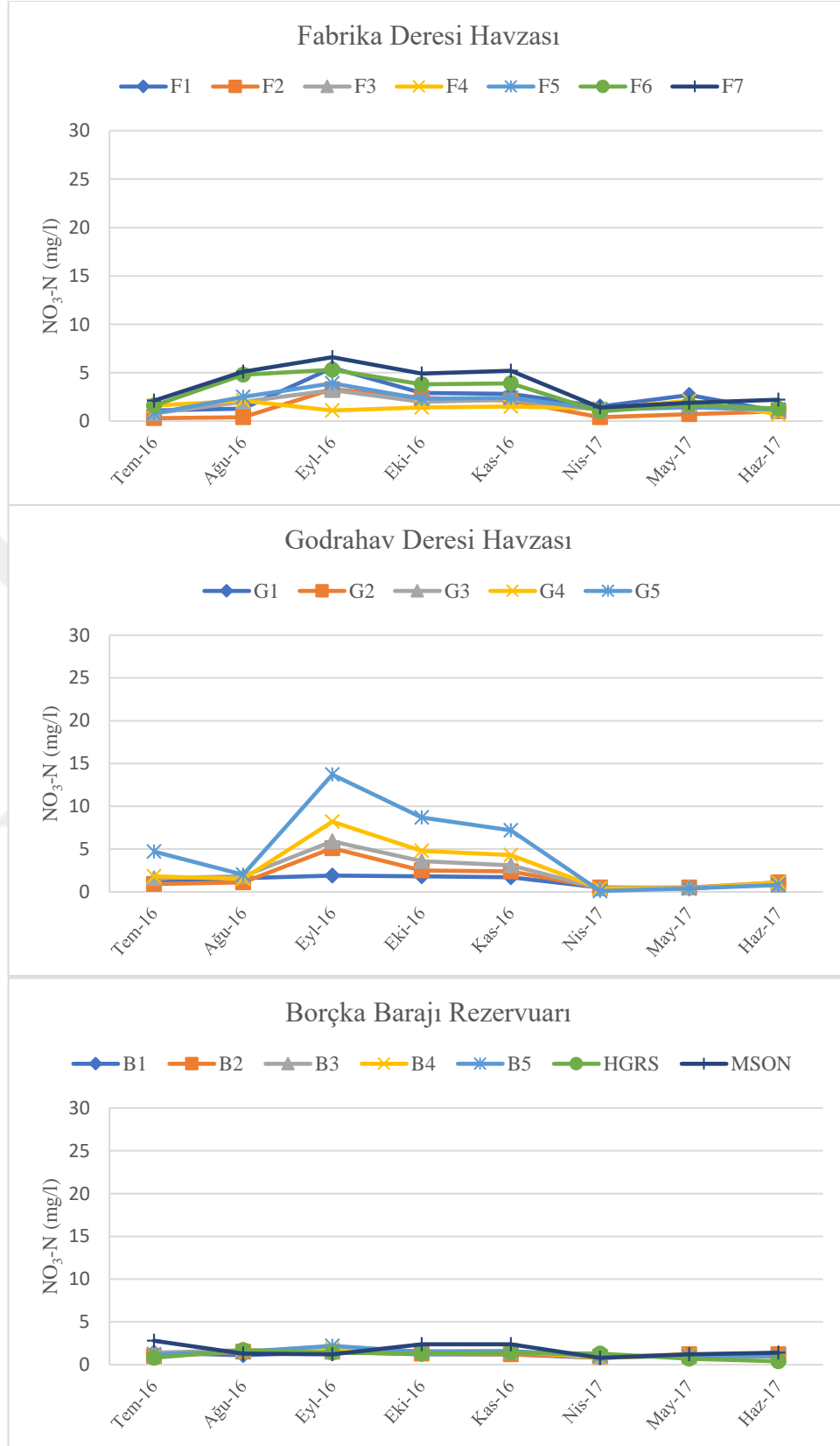
BBR’de ise ölçülen değerlerin hem rezervuarı besleyen akarsulardaki konsantrasyona hem de kafes balıkçılığı nedeni ile meydana gelen organik atıklara bağlı olduğu tahmin edilmektedir.

Doğal olarak sularda azotun yaygın bir formu olarak az miktarda nitrat bulunabilir ve bu bazı bitkiler için önemli bir azot kaynağıdır (Güler, 1997). Ancak sularda 5 mg/l’den fazla nitrat içeriği kirlenme göstergesi olabilir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği’ne göre de I. Sınıf sulardaki değerler 5 mg/l’den düşük olması gerekmektedir (YSKY, 2015). Buna göre HDH, FDH ve GDH’nin üst kısımları ve BBR’da bulunan su kaynakları “I. SINIF” su kalitesi sınıfına girmektedir. MDH’deki değerler ağırlıklı olarak “II. SINIF”, maden sahası çıkışı noktalarında da (M11 ve M13) bazı aylarda “III. SINIF” su kalitesine gerilemiştir. FDH ve GDH’nin çıkış noktalarında da Ağustos-Ekim ayları arasında “II. SINIF” su kalitesine girmektedir. Akarsularda nitrat azotunun 4.2 mg/l’yi geçmesi bazı balık türlerinin yaşamını etkilemektedir. İçme

sularında ise 45 mg/l'yi geçmesi insan sağlığı açısından tehlike oluşturmaktadır (Özyuvacı, 1993).

Benzer çalışmalara bakıldığında Doğu Karadeniz'deki akarsularda yapılan bir çalışmada $\text{NO}_3\text{-N}$ ölçümlerinin yıl boyunca 0.094 – 2.396 mg/l arasında değiştiği bildirilmiştir (Serdar, 2015). Kayseri Palas Ovası'nda yürütülmüş bir çalışmada Değirmen Deresi'nde 24 aylık ölçümlerin ortalaması 2.28 mg/l, İmamın Deresi'nde 3.30 bulunmuştur (Azgın, 2015). Zimbabve'de Manyame Nehri Havzası'nın üst kısımlarında yersel ölçüm ve uzaktan algılama teknikleri kullanılarak arazi kullanımının su kalitesine etkisinin araştırıldığı çalışmada $\text{NO}_3\text{-N}$ ölçümlerinin yağışlı dönemde 0.020 – 1.890 mg/l arasında, kuru dönemde 0.006 – 2.870 mg/l arasında değiştiği bildirilmiştir (Kibena ve ark., 2014).





Şekil 38. Örnekleme noktalarına ait alt havzalara göre aylık nitrat azotu (NO₃-N) değerleri

3.1.10. Amonyum Azotu (NH₄ -N)

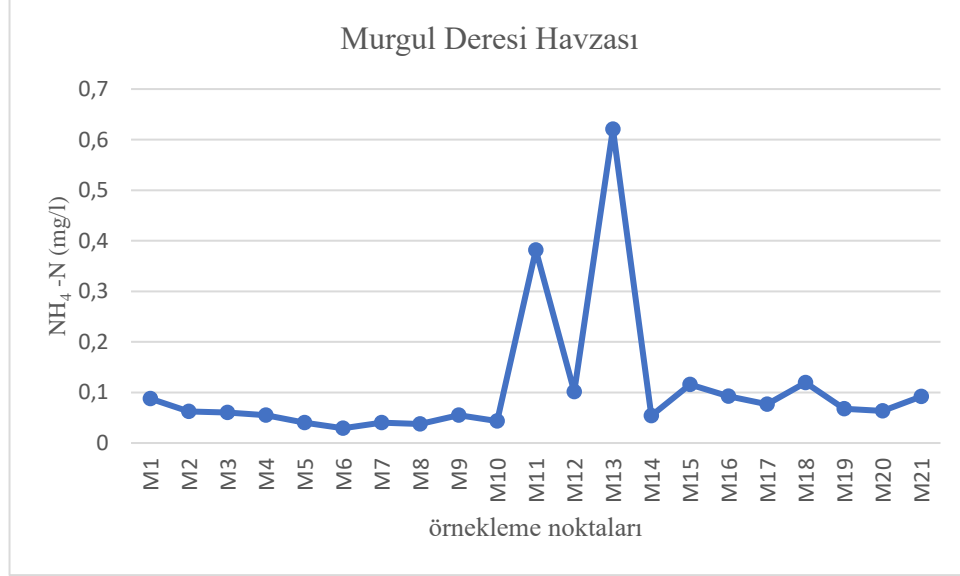
Çalışma alanındaki amonyum azotu değerlerine ait havzalara göre grafikler Şekil 40'de ve en düşük, en yüksek, ortalama değerler havzalara göre Tablo 24'de verilmiştir.

Tablo 24. Ölçüm noktalarındaki en düşük, en yüksek ve ortalama amonyum azotu (NH₄ -N) değerleri

	Min. NH ₄ -N (mg/l)	Maks. NH ₄ -N (mg/l)	Ortalama NH ₄ -N (mg/l)
Murgul Deresi Havzası	0.01	1.44	0.11
Hatila Deresi Havzası	0.01	0.93	0.11
Fabrika Deresi Havzası	0.01	1.72	0.23
Godrahav Deresi Havzası	0.01	0.33	0.07
Borçka Baraj Rezervuarı	0.01	0.40	0.12

Amonyak, sularda iyonize olmuş (NH₄⁺) ve iyonize olmamış (NH₃) halde iki formda bulunur ve gerçekte amonyum (NH₄⁺), amonyak (NH₃) bileşiğinin doğal sularda bulunan halidir. Amonyum, aynı zamanda, canlıların sahip olduğu protein veya diğer azotlu organik maddelerinin bakteriler tarafından parçalanması sonucu oluşan artık maddesidir ve organizmalar tarafından tekrar absorbe edilebilirler (Chapman, 1996). Amonyum yüksek konsantrasyonları dışında toksik etki oluşturmazken, amonyak ise düşük konsantrasyonlarda bile toksik etki oluşturabilir.

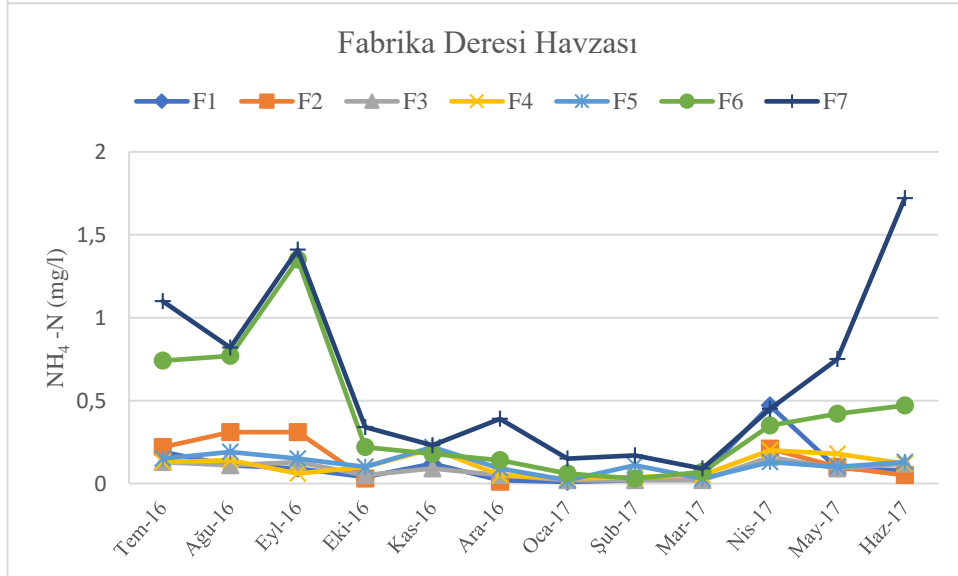
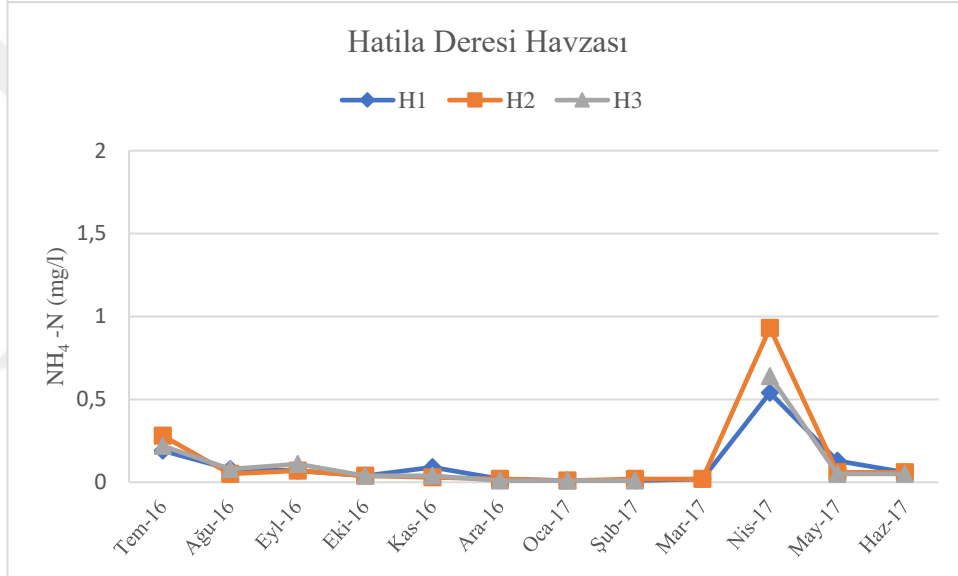
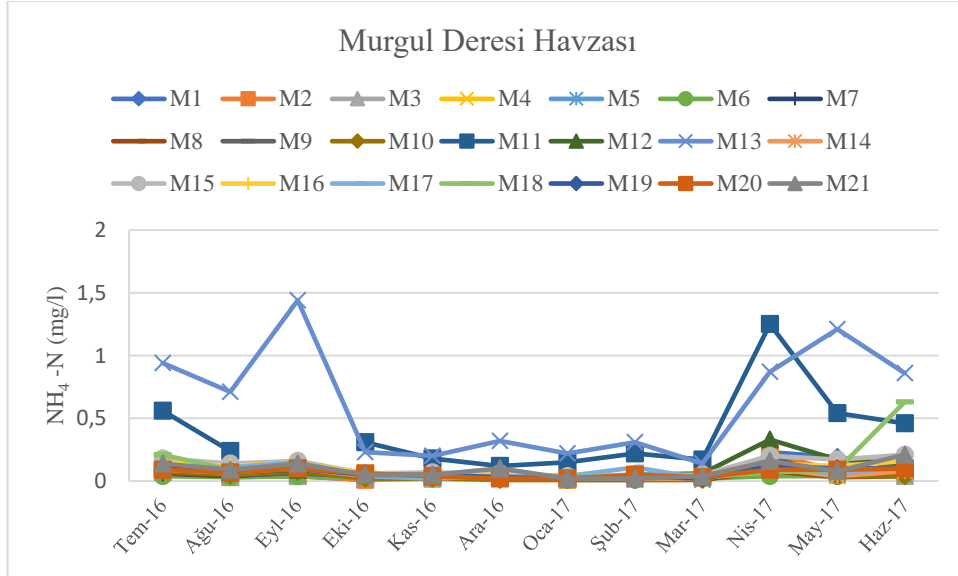
Çalışma alanındaki NH₄ -N miktarlarına ait grafiklere bakıldığında, genel olarak kış mevsiminde sadece eser seviyelerde bulunurken, ayrışmanın daha aktif olduğu bahar ve yaz dönemlerinde ise artış gösterdiği görülmektedir. MDH'da maden sahasındaki noktalar dışında diğer noktadaki ölçümler beklenen düzeydedir. Maden sahası noktalarındaki artışlar Şekil 39'de belirgin şekilde görülmektedir.

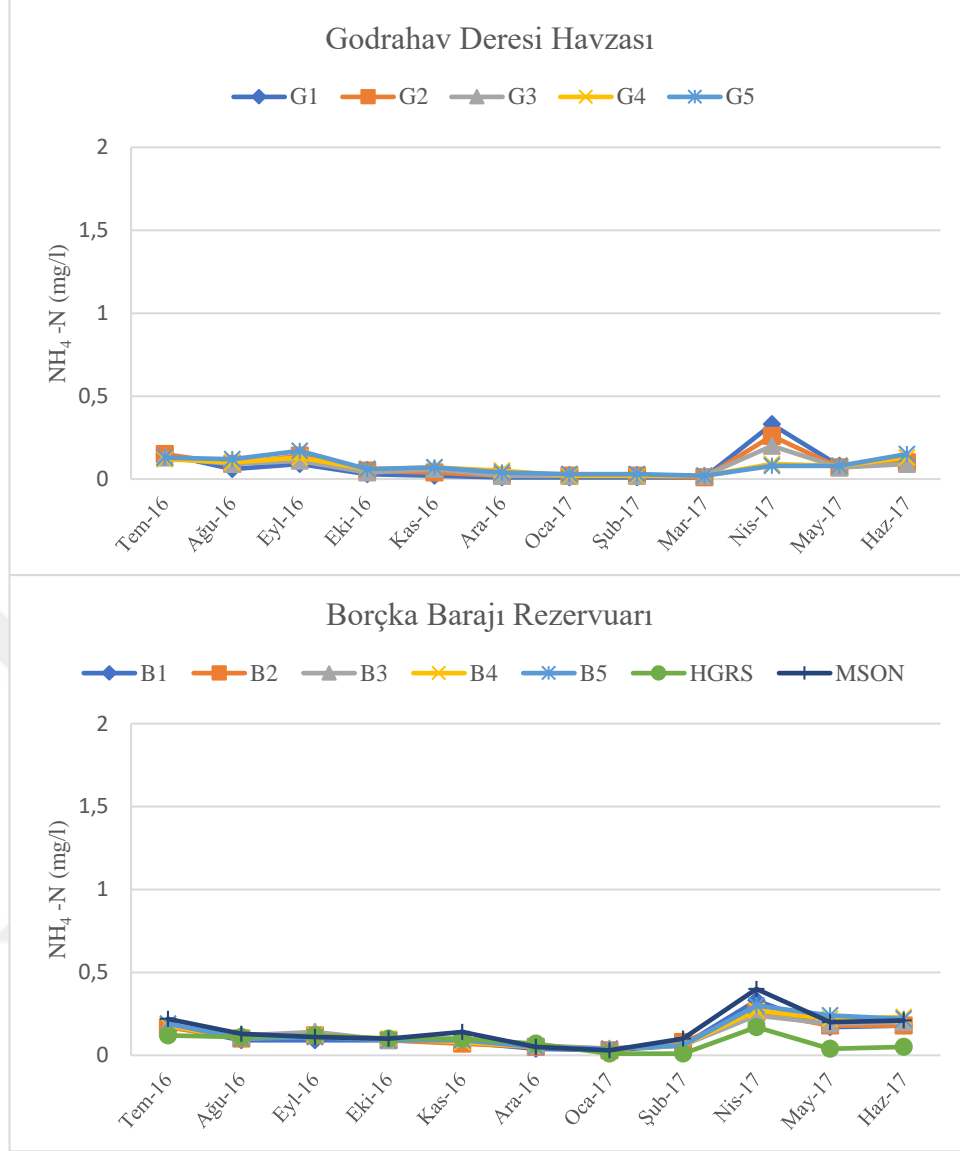


Şekil 39. Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarının yıllık ortalama amonyum azotu (NH₄-N) değerleri

FDH’ndaki çıkış noktalarında evsel atıkların etkisi görülmekte olup, değerler diğer noktalara göre belirgin bir artış göstermektedir. Sıcaklıktaki artışlara paralel olarak vejetasyon döneminin başlamasıyla dere kenarındaki canlı organizmaların faaliyetlerine (örn: ayrışmanın artışı) bağlı olarak amonyum miktarının da hızlı bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir (Meynendonckx ve ark., 2006). Organik maddelerin ayrışması, amonyum içerikli gübreler, evsel ve endüstriyel atık deşarjı sulardaki ana amonyumun kaynakları olarak bilinirler. Yüzeysel sularda 12 mg/l’ye kadar amonyum bulunabileceği bildirilmektedir (Solak, 2003) ancak Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği’ne göre amonyum konsantrasyonunun I. Sınıf sularda 0.2 mg/l’den az olması gerekmektedir (YSKY, 2015).

Benzer çalışmalara bakıldığında Doğu Karadeniz’deki akarsularda yapılan bir çalışmada NH₄-N ölçümlerinin yıl boyunca 0.020 – 0.131 mg/l arasında değiştiği bildirilmiştir (Serdar, 2015). Muğla İl sınırları içerisindeki Tersekan Çayı Havzası’nda su kalitesinin araştırıldığı bir çalışmada NH₄-N ölçümlerinin 0.5 – 0.72 arasında değiştiği bildirilmiştir (Kasımoğlu ve Yılmaz, 2014).





Şekil 40.Örnekleme noktalarına ait alt havzalara göre aylık amonyum azotu (NH₄ -N) değerleri

3.1.11. Sülfat (SO₄)

Çalışma alanındaki sülfat değerlerine ait havzalara göre grafikler Şekil 41’de ve en düşük, en yüksek, ortalama değerler havzalara göre Tablo 25’de verilmiştir.

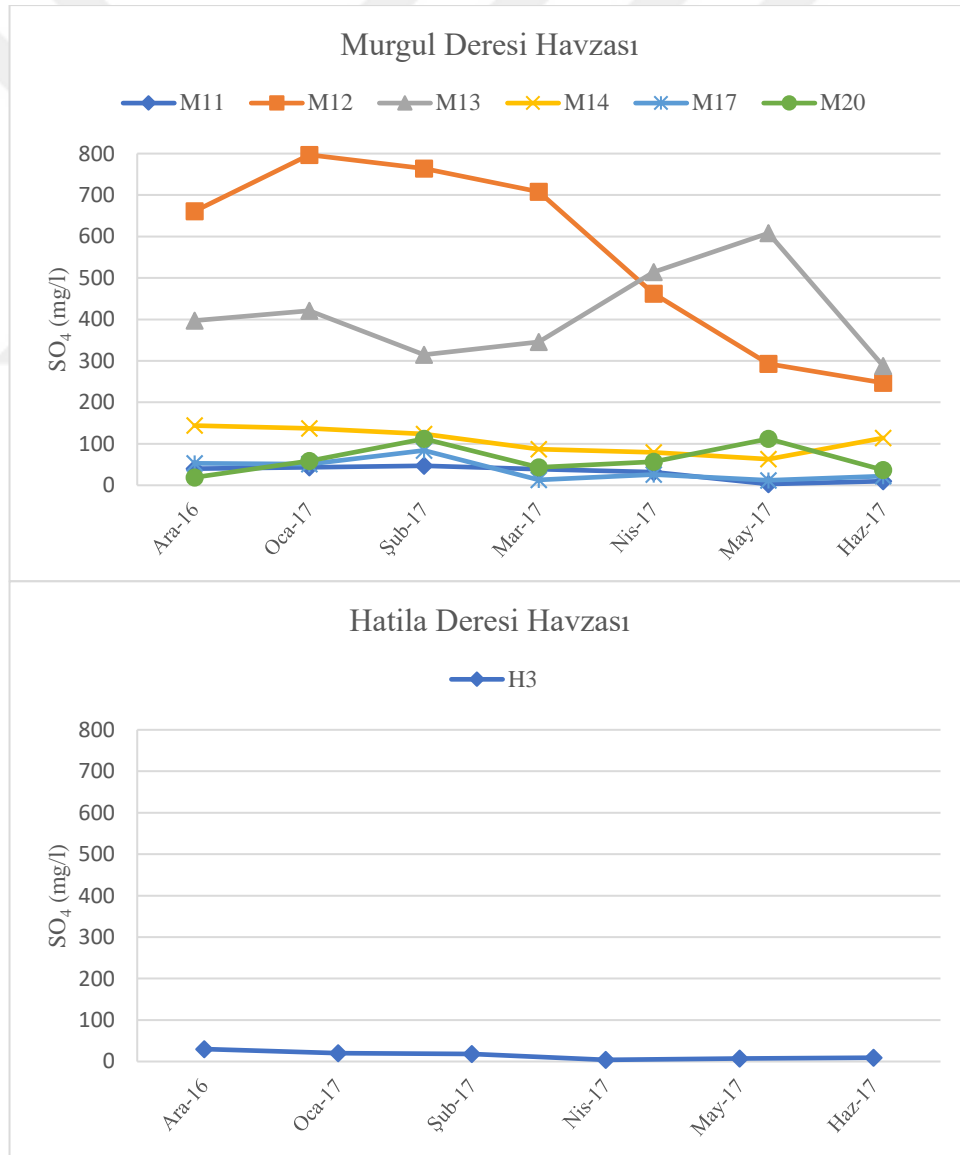
Tablo 25. Ölçüm noktalarındaki en düşük, en yüksek ve ortalama sülfat (SO₄) değerleri

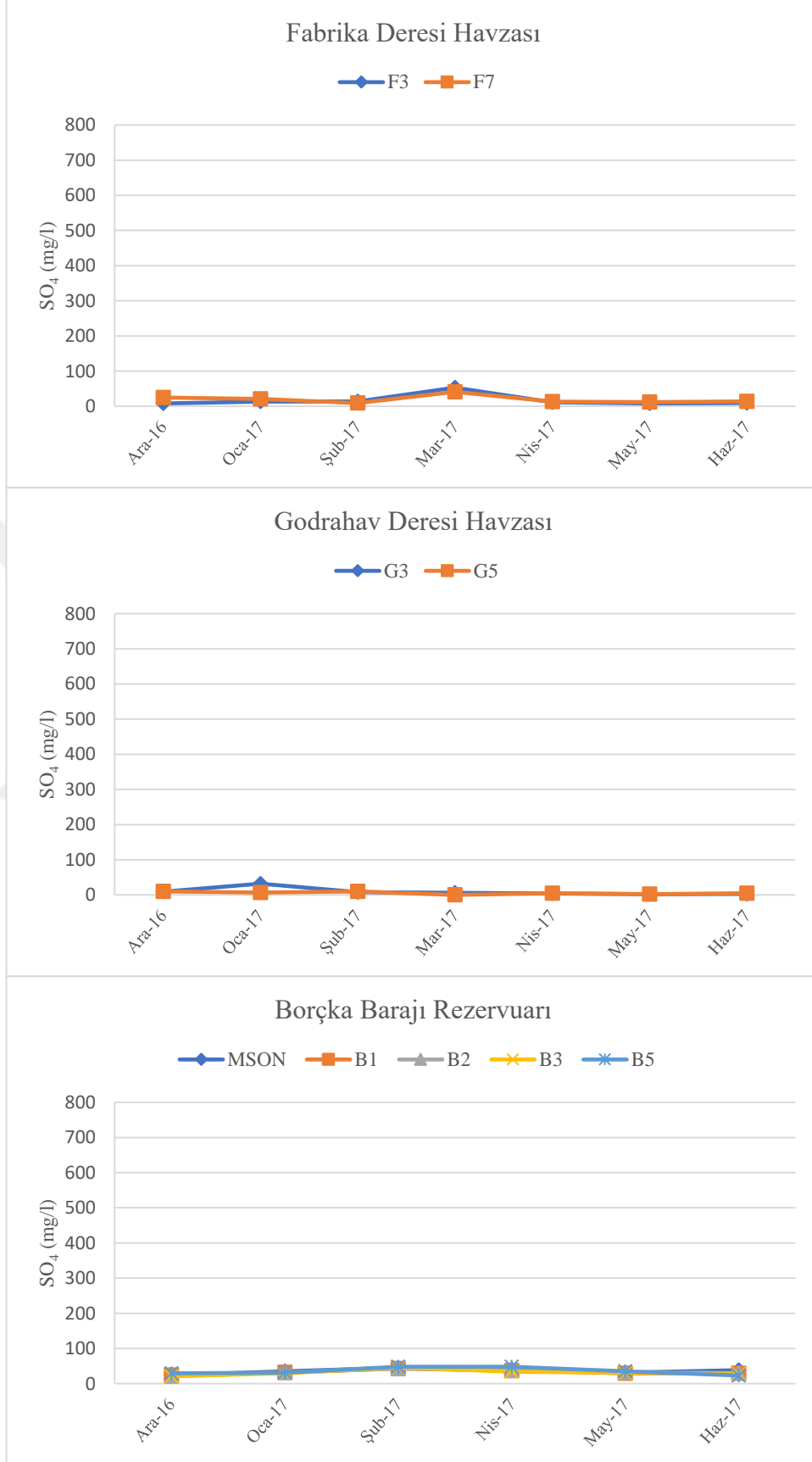
	Min. SO ₄ (mg/l)	Maks. SO ₄ (mg/l)	Ortalama SO ₄ (mg/l)
Murgul Deresi Havzası	3	797	202
Hatila Deresi Havzası	4	30	16.2
Fabrika Deresi Havzası	8	53	17.9
Godrahav Deresi Havzası	0	32	7.4
Borçka Baraj Rezervuarı	21	48	33.5

Biyolojik aktivitenin verimliliği bakımından doğal ortamdaki su kaynaklarında belirli miktarlarda sülfat bulunabilmektedir. Bu miktar doğal tatlı sularda 10-30 mg/l arasında ve genelde sülfat iyonu (SO₄²⁻) formundadır (Chapman, 1996). Sülfatın su kaynaklarında birikmesinde rol oynayan doğal kaynaklar arasında alçı taşı gibi sülfatlı kayaçlar gelmektedir. Bu tür kayaçlar yağmur suları ile kolayca çözünerek içeriğindeki mineraller ve tuzlar sulara karışmaktadır. Bu tür kayaçların rastlandığı yerlerde yağışlı dönemlerde konsantrasyonun 100 mg/l’yi geçtiği sülfat oranları görülebilir. Ancak endüstriyel, evsel atık deşarjları ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklı sülfat artışı nedeniyle konsantrasyonun 250 mg/l’nin üzerine çıkması su kalitesinde önemli bir kirlilik parametresi olarak kabul edilmektedir (İTASHY, 2005; WHO, 2011).

Çalışma alanında ölçülen sülfat değerleri incelendiğinde, MDH dışındaki havzalara ait değerlerin sınır değerlerin altında olduğu görülmektedir. MDH’de en yüksek değer ise 797 mg/l ile beklendiği üzere maden sahası çıkışındaki atık sulardaki noktalarda (M12 ve M13) ölçülmüştür (Şekil 41). Atık su çıkışı ana dere ile birleştikten sonra sülfat konsantrasyonunu arttırdığı açık bir şekilde görülmektedir ki madencilik faaliyetlerinde pirit gibi sülfürlü minerallerin işlenmesi sonucu açığa çıkan sülfürün su ve oksijen ile oksidasyona uğrayarak sülfat ve asitli bileşiklere dönüştüğü rapor edilmiştir (Keskin ve ark., 2013). Bu nedenle maden sahası atık suyunda sülfat konsantrasyonunun yüksek ölçüldüğü tahmin edilmektedir.

Literatüre bakıldığında bor maden yataklarının ve tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu Seydisuyu Havzası'nda (Eskişehir) su ve sediment kalitesinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada 12 ay boyunca mevsimsel su ve sediment örnekleri alınmıştır. Buna göre sülfat ölçümlerindeki mevsimsel ortalamalar yaz mevsiminde 91.65 mg/l, kış mevsiminde 60.50 mg/l, sonbaharda 46.33 mg/l ve ilkbaharda 44.35 mg/l ölçülmüştür (Çiftçi, 2015). Bölgede yapılan bir çalışmada MDH'deki maden sahasındaki noktadan alınan sonuca göre ortalama sülfat değeri 264.77 mg/l ve BBR'den alınan noktadaki sonuca göre ortalama sülfat değeri 42.63 mg/l olarak bulunmuştur (Bilgin ve Konanç, 2016). Çıkan sonuçlar çalışmamızla paralellik göstermektedir.





Şekil 41. Örnekleme noktalarına ait alt havzalara göre aylık sülfat (SO₄) değerleri

3.1.12. Orto-fosfat (PO₄-P)

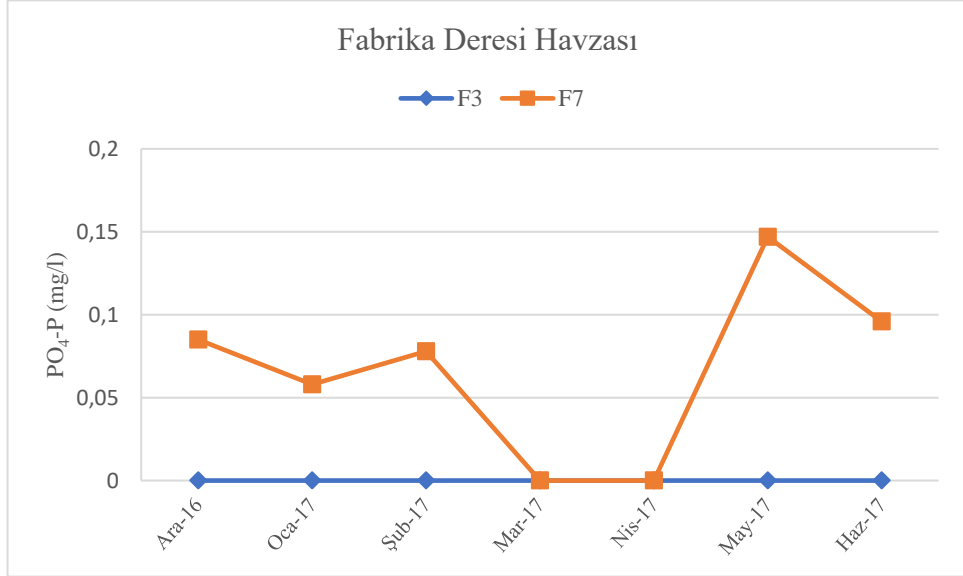
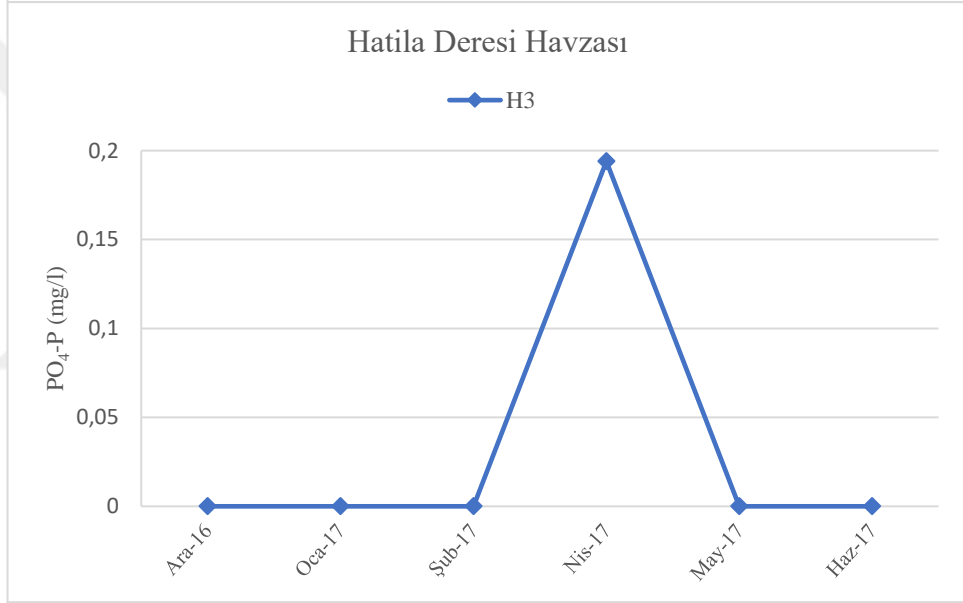
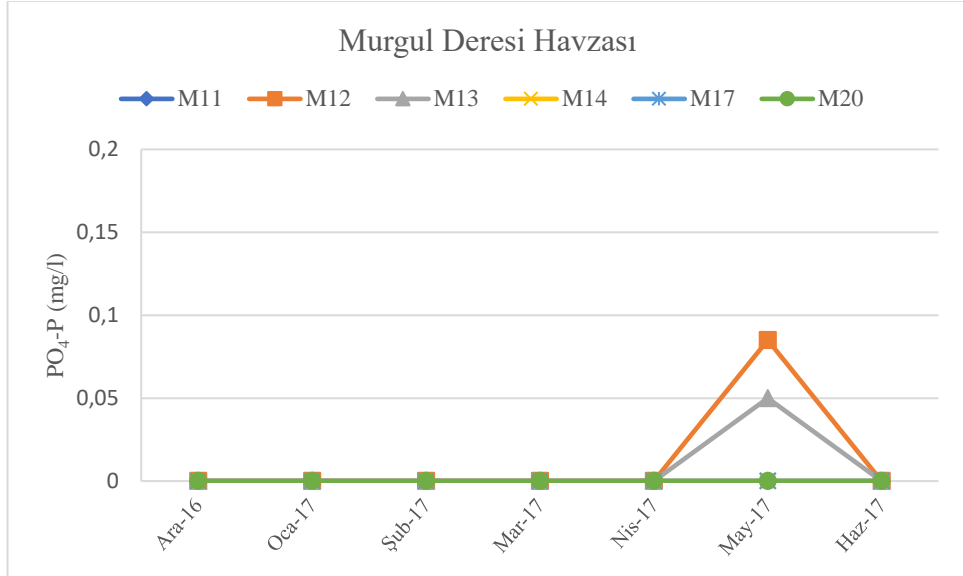
Çalışma alanındaki orto-fosfat değerlerine ait havzalara göre grafikler Şekil 42’da ve en düşük, en yüksek, ortalama değerler havzalara göre Tablo 26’de verilmiştir.

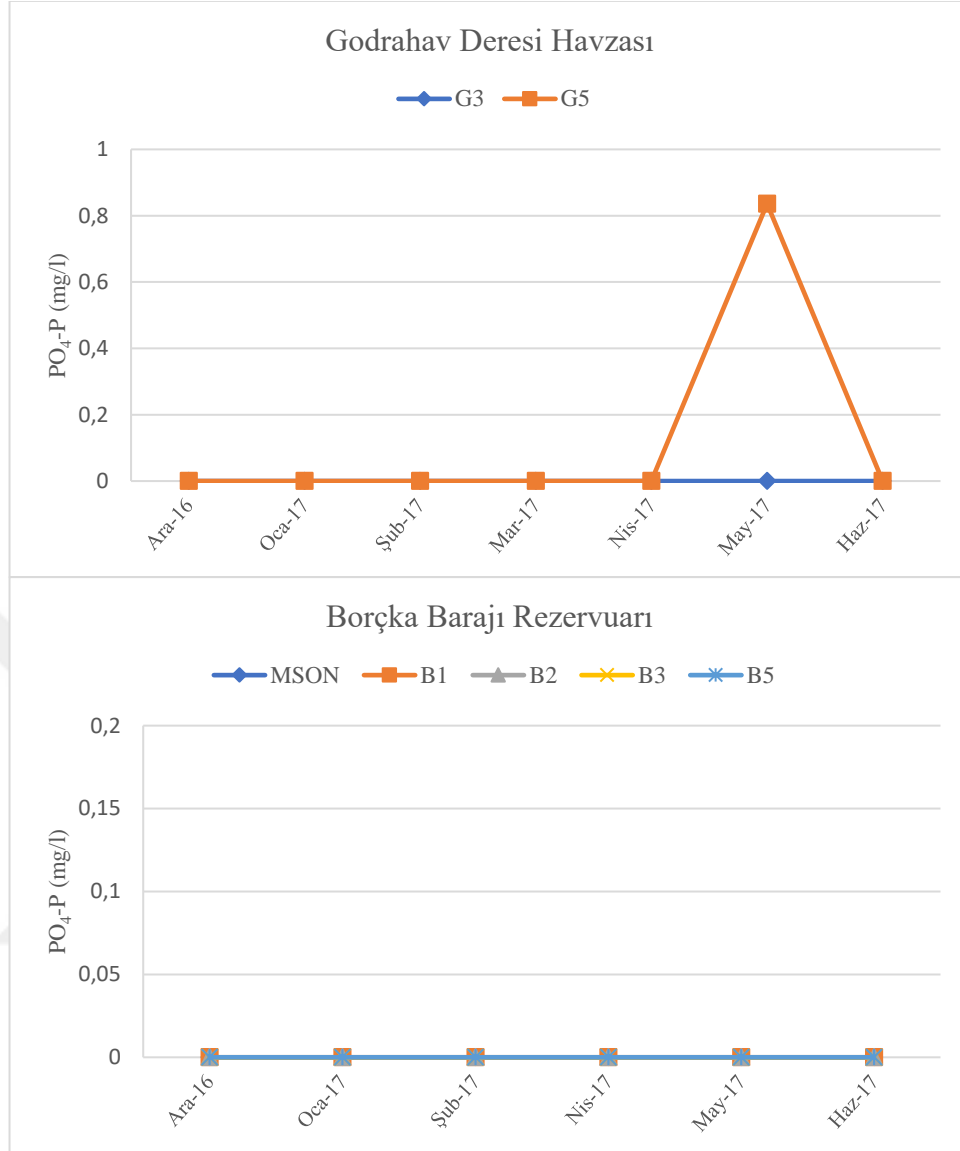
Tablo 26. Ölçüm noktalarındaki en düşük, en yüksek ve ortalama orto-fosfat (PO₄-P) değerleri

	Min. PO ₄ -P (mg/l)	Maks. PO ₄ -P (mg/l)	Ortalama PO ₄ -P (mg/l)
Murgul Deresi Havzası	0.00	0.08	0.00
Hatila Deresi Havzası	0.00	0.19	0.03
Fabrika Deresi Havzası	0.00	0.14	0.04
Godrahav Deresi Havzası	0.00	0.83	0.06
Borçka Baraj Rezervuarı	0.00	0.00	0.00

Fosfor doğal sularda fosfatlar halinde bulunur. Mikroorganizmaların büyümesi için gerekli temel elementlerden birisi olduğundan sucul ortamda fazlalığı halinde ötrofikasyona sebebiyet vermektedir (Harper, 1992). Orto-fosfatlar su kaynaklarına tarımsal uygulamalar, deterjanlar, kanalizasyon atıkları ve sediment taşınımı ile karışmaktadır. Özellikle atık sulardaki deterjan içeriği fosfor miktarında etkili olmaktadır (Chapman, 1996; Davie, 2008). Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği’ne göre “I. SINIF” suların fosfor değerinin 0.03 mg/l’den daha az olması gerekmektedir. Tablo 26’deki maksimum ölçümlere göre BBR dışında alt havzaların ölçüm değerleri 0.03 mg/l’den yüksektir. Ancak Şekil 42 incelendiğinde görülecektir ki; MDH’de sadece Mayıs 2017’de maden sahası örnekleme noktalarında, HDH’de Nisan 2017’de, GDH’de Mayıs 2017’de çıkış noktasında maksimum değerler elde edilmiştir. FDH ve diğer havzalardaki sayılan aylar dışında fosfor “0” ölçülmüştür (minimum ölçüm eşik değerleri Tablo 9’da verilmiştir). Buna göre FDH dışındaki havzalar “I. SINIF” kaliteli sulara dahil olmaktadır (YSKY, 2015). FDH’de çıkış noktasının üstünde yer alan ve yerleşim yeri sınırlarının da üst noktasındaki ölçüm noktasında da değerler “0” olarak ölçülmüştür. Çıkış noktasındaki ölçümlerde ortalama değer 0.04 mg/l olarak belirlenmiştir ki bu yüksek seviyenin en büyük nedeninin söz konusu havzada yerleşim alanlarının fazlalığından dolayı artan evsel atıklar olduğu tahmin edilmektedir. Mevsimsel değişimlerin fosfat miktarı üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Bu amaçla yapılan bir çalışmada ilkbahar ve yaz aylarında orto-fosfatın kış aylarına göre daha

fazla olduğu belirtilmiş, bunun nedeni olarak da yaz aylarında azot miktarındaki artışa paralel bir şekilde orto-fosfatın da artması gösterilmiştir (Sigleo ve Frick, 2007). Çalışmamızda da yapılan ölçümlerde maksimum değerlerin havzaların çıkış noktalarında özellikle Nisan ve Mayıs aylarında ölçüldüğü görülmüştür (şekil 42). Benzer bir çalışmada Doğu Karadeniz Havzası'ndaki derelerin çıkış noktalarında yapılan ölçümlerde değerlerin <0.003 ile 0.024 mg/l arasında değiştiği belirtilmiştir (Serdar, 2015). Zimbabve'de Manyame Nehri Havzası'nın st kısımlarında yersel ölçüm ve uzaktan algılama teknikleri kullanılarak arazi kullanımının su kalitesine etkisinin araştırıldığı çalışmada orto-fosfat ölçümlerinin yağışlı dönemde 0.010 – 4.170 mg/l arasında, kuru dönemde 0.001 – 0.0990 mg/l arasında değiştiği bildirilmiştir (Kibena ve ark., 2014). Tarımsal ve yerleşim yeri olarak kullanımın yoğun olduğu Tersakan ayı Havzası'nda (Muğla) yapılan bir başka çalışmada ise orto-fosfat ölçümlerinin 0.31 ile 0.64 arasında değiştiği ve en yüksek ölçümlerin ilkbahar aylarında elde edildiği bildirilmiştir (Kasımoğlu ve Yılmaz, 2014).





Şekil 42. Örnekleme noktalarına ait alt havzalara göre aylık orto-fosfat ($PO_4\text{-P}$) değerleri

3.2. Su Kalitesi Parametrelerinin Birbirleriyle İlişkisinin Karşılaştırılması (Korelasyon Analizi)

Su Sıcaklığı

İstatistik analizleri çerçevesinde yapılan korelasyon analizinde (Tablo 27, 28, 29, 30) su sıcaklığının tüm havzalarda iletkenlik ve çözünmüş oksijen parametreleri ile anlamlı ilişkisi olduğu ortaya çıkmıştır ($p<0.01$). Su sıcaklığı, su ve sudaki canlıların kimyasal ve biyolojik faaliyetlerini etkileyen önemli bir parametredir. Sıcaklığın etkisine bağlı olarak oksijen miktarı ve sudaki çözünmüş madde ve tuzluluk miktarı artacağından elektriksel iletkenlik de artacaktır (Mosley, 2015).

pH

İstatistik analizlerinde pH'ın MDH'de çözünmüş oksijen dışında tüm parametrelerle anlamlı düzeyde ($p<0.01$) ilişkili olduğu ortaya çıkmıştır. HDH'de sadece toplam çözünmüş madde ile ($p<0.05$) düzeyinde ilişkili olduğu, FDH'de çözünmüş oksijen ve askıda katı madde ile ve GDH'de ise tuzluluk, toplam çözünmüş madde ve çözünmüş oksijen ile ilişkili olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 27, 28, 29, 30). Su içerisinde bulunan hidrojen iyon konsantrasyonunun nicel bir ifadesi olan pH'ın sudaki iyon konsantrasyonunu etkileyebilecek toplam çözünmüş madde miktarı ile ilişkili olabileceği istatistik analiz sonucunda da ortaya konulmuştur.

Elektriksel İletkenlik

Yapılan analiz sonuçlarına göre elektriksel iletkenliğin tüm havzalarda ortak olarak ilişkili olduğu parametreler beklendiği üzere sıcaklık, tuzluluk, toplam çözünmüş madde ve çözünmüş oksijen olarak ortaya çıkmıştır (Tablo 27, 28, 29, 30). Bu parametrelerin yanı sıra nitrat ile de tüm havzalarda ($p<0.01$) düzeyinde ilişkili olduğu ortaya çıkmıştır. Sıcaklığın artışı ile birlikte sudaki çözünmüş madde ve tuzluluk miktarı artacağından elektriksel iletkenlik de artacaktır. Zira, elektriksel iletkenliğin çözünmüş madde miktarı ile doğrudan ilişkili olduğu bildirilmektedir (Chapman, 1996).

Tuzluluk

İstatistik analizlerinde tuzluluk değerinin doğrudan iletkenlik ile bağlantılı olduğu ve dolayısı ile de sıcaklık ve toplam çözünmüş madde miktarı ile ilişkili olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 27, 28, 29, 30). Sıcaklığın su üzerinde çözündürmeyi arttırıcı bir etki oluşturmasından dolayı tuzluluk üzerinde dolaylı bir etkisi olduğu bilinmektedir (Chapman, 1996).

Toplam Çözünmüş Madde (TDS)

Sulardaki toplam çözünmüş madde miktarı organik madde ve inorganik tuz içeriği olarak ifade edilmektedir. Sudaki TDS'nin artması iletkenlik ve tuzluluk miktarını da doğrudan etkilemektedir (Güler, 1997). Yapılan istatistik analizleri de bu sonucu doğrulamaktadır (Tablo 27, 28, 29, 30). TDS miktarının bütün havzalarda iletkenlik ve tuzluluk miktarı ile pozitif yönde bir ilişkisi olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun yanında pH ile de MDH'de negatif bir ilişki ve FDH hariç diğer havzalarda pozitif yönde bir ilişkisi olduğu ortaya çıkmıştır.

Çözünmüş Oksijen (DO)

Sulardaki çözünmüş oksijen doygunluğunun sıcaklık, tuzluluk gibi faktörlere bağlı olarak değiştiği ve bu parametreler ile ters orantılı olarak dağılım gösterdiği bilinmektedir (Tanyolaç, 2011). Yapılan istatistik analizi bulgularına göre de çözünmüş oksijen miktarının sıcaklık, tuzluluk ve iletkenlik ile tüm havzalarda ($p < 0.01$) düzeyinde ilişkili olduğu ortaya çıkmıştır. Sonuçlara göre bu parametreler ile arasında negatif yönde bir ilişki olduğu görülmektedir (Tablo 27, 28, 29, 30).

Askıda Katı Madde

Önemli bir su kalitesi parametresi olan AKM, güneşten gelen enerjinin su içerisine geçişini engelleyerek karbondioksit ve oksijen dengesini bozmakta ve su kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Sularda belirli bir miktarın üzerinde bulunması fiziksel kirlenmeye de sebebiyet vermektedir. Bu yönüyle de yine su kalitesini olumsuz yönde etkileyen suyun bulanmasına, ışık geçirgenliğinin ve oksijen miktarının azalmasına yol açmaktadır (C. T. Yang, 1996). AKM miktarı ise yağış miktarına dolayısı ile debiye bağlı olarak değişmektedir. Bu oran yağışın miktarı, toprağın erodobilitesi,

arazi örtüsü/kullanım durumu, eğim gibi birçok parametreye bağlıdır. Bu sebep sonuç ilişkisi yapılan istatistik analizinde ($p<0.01$) düzeyinde anlamlılık ile pozitif yönde bir ilişki ile ortaya çıkmıştır (Tablo 27, 28, 29, 30). Ancak MDH’de debi ile arasında bir ilişki bulunmamıştır. Bu ilişki NT-HES’lerin etkisi nedeniyle beklenen bir durumdur. Yukarıda daha detaylı anlatıldığı üzere NT-HES’lerin yükleme havuzlarında durağan halde bekleyen sudaki AKM’nin çökmesi ile debi ile doğrusal artması beklenen ilişki ortadan kalkmıştır. Bunun yanı sıra AKM’nin MDH’de debi dışında diğer parametreler ile anlamlı ilişkisi ortaya çıkmıştır.

Nitrat Azotu (NO_3-N)

Yapılan istatistik analizleri çerçevesinde nitrat MDH’de debi dışında tüm parametreler ile ilişkili bulunmuştur. HDH’de debi, sıcaklık, iletkenlik, tuzluluk ve AKM ile ilişkili olduğu, FDH’de debi, pH ve AKM dışında tüm parametreler ile ve GDH’de ise debi, iletkenlik, tuzluluk ve toplam çözünmüş madde ile ilişkili olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 27, 28, 29, 30). Sulara doğal yollarla karışan azot kaynaklarının yanı sıra evsel ve endüstriyel atıkların deşarjı, tarımsal faaliyetlerde kullanılan azotlu gübreler de azot yükünü arttırmaktadır (Harper, 1992). Havzaların arazi kullanım durumları birbirinden farklı olması havzalardaki nitratın diğer parametrelerle ilişki durumunu da etkilemektedir.

Amonyum Azotu (NH_4-N)

Çalışmadaki ölçümlerde en kararsız ölçüm sonuçlarının amonyuma ait olduğu yapılan istatistik analizlerinde de karşımıza çıkmaktadır. MDH’de tüm parametreler ile ilişkili bulunurken, HDH’de hiçbir parametre ile ilişkisi bulunamamıştır. FDH’de debi, pH ve AKM dışındaki parametreler ile ilişkisi bulunurken, GDH’de debi ve çözünmüş oksijen dışındaki parametreler ile ilişkisinin bulunmadığı ortaya çıkmaktadır (Tablo 27, 28, 29, 30). Amonyum, canlıların sahip olduğu protein veya diğer azotlu organik maddelerinin bakteriler tarafından parçalanması sonucu oluşan artık maddesidir ve organizmalar tarafından tekrar absorbe edilebilirler (Chapman, 1996). En fazla ilişkili olduğu parametreler MDH ve FDH’de görülmektedir. Bu havzaların yerleşim yerlerine sahip olması sebebiyle organik atıkların fazla olacağı ve böylece ilişkinin yüksek çıkacağı sonucuna varılabilir.

Toplam Azot (TN), Sülfat (SO₄) ve Orto-fosfat (PO₄-P

Toplam azot (TN), sülfat (SO₄) ve orto-fosfat (PO₄-P) parametrelerinin laboratuvar analizlerinin önemli bir kısmı ölçüm aralığı dışında kaldığı (sıfıra yakın) ve bu parametreler sadece bazı örnekleme noktalarından alınan örnekler üzerinde gerçekleştirildiğinden veri sayısı yetersiz kalmıştır ve buna bağlı olarak yukarıda sıralanan bu parametreler üzerinde istatistiksel analizler (ANOVA ve/veya korelasyon) yapılamamıştır.



Tablo 27. Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarındaki su kalitesi parametrelerinin korelasyon analizi

	Debi	Sıcaklık	pH	İletkenlik	Tuzluluk	Toplam Çözünmüş Madde	Çözünmüş Oksijen	Askıda Katı Madde (AKM)	Nitrat (NO ₃)
Sıcaklık	-0.156								
pH	0.175*	0.0243							
İletkenlik	-0.2624**	0.473**	-0.3464**						
Tuzluluk	-0.2463**	0.353	-0.3846**	0.9842**					
Toplam Çözünmüş Madde	-0.2473**	0.3622	-0.3805**	0.986**	0.9997**				
Çözünmüş Oksijen	0.2675	-0.9142**	-0.028	-0.5224**	-0.4192	-0.4261			
Askıda Katı Madde (AKM)	-0.0158	0.3442**	-0.3579**	0.5827**	0.5745**	0.5774**	-0.3343**		
Nitrat (NO ₃)	-0.0851	0.3909**	-0.2453**	0.3669**	0.3004**	0.3038**	-0.2739**	0.2945**	
Amonyum (NH ₄)	-0.2296**	0.2239**	-0.238**	0.7865**	0.7893**	0.7875**	-0.348**	0.444**	0.3287**

*: önemli (p<0.05), **: çok önemli (p<0.01)

Tablo 28. Hatıla Deresi Havzası örnekleme noktalarındaki su kalitesi parametrelerinin korelasyon analizi

	Debi	Sıcaklık	pH	İletkenlik	Tuzluluk	Toplam Çözünmüş Madde	Çözünmüş Oksijen	Askıda Katı Madde (AKM)	Nitrat (NO ₃)
Sıcaklık	-0.0893								
pH	0.2057	0.0199							
İletkenlik	-0.503**	0.7496**	0.0826						
Tuzluluk	-0.6274**	0.5596	0.0565	0.9149**					
Toplam Çözünmüş Madde	-0.6223**	0.377	0.119*	0.7786**	0.869**				
Çözünmüş Oksijen	0.018	-0.8966**	-0.1809	-0.6922**	-0.4602	-0.3708			
Askıda Katı Madde (AKM)	0.438**	0.0366	0.3885	-0.1015	-0.2574*	-0.1373	-0.1494		
Nitrat (NO ₃)	-0.4241*	0.5306**	-0.2772	0.5788**	0.565**	0.3967	-0.2065	-0.4072*	
Amonyum (NH ₄)	-0.0995	-0.3087	-0.082	-0.0755	0.0276	0.0055	0.1924	-0.169	-0.1915

*: önemli (p<0.05), **: çok önemli (p<0.01)

Tablo 29. Fabrika Deresi Havzası örnekleme noktalarındaki su kalitesi parametrelerinin korelasyon analizi

	Debi	Sıcaklık	pH	İletkenlik	Tuzluluk	Toplam Çözünmüş Madde	Çözünmüş Oksijen	Askıda Katı Madde (AKM)	Nitrat (NO ₃)
Sıcaklık	-0.184								
pH	0.3498**	-0.1074*							
İletkenlik	-0.2161	0.7053**	0.1234						
Tuzluluk	-0.2266	0.5877**	0.1626	0.9813**					
Toplam Çözünmüş Madde	-0.2258	0.5919**	0.1522	0.9825**	0.9986**				
Çözünmüş Oksijen	0.1381	-0.8982**	0.0601*	-0.6848**	-0.5818**	-0.5778**			
Askıda Katı Madde (AKM)	0.3321**	-0.0837*	0.0931**	-0.1276	-0.1344	-0.1242	0.0613*		
Nitrat (NO ₃)	-0.1153	0.4251**	-0.1679	0.5797**	0.5472**	0.5537**	-0.3593**	0.0719	
Amonyum (NH ₄)	0.1826	0.4173**	0.311	0.6627**	0.6319**	0.6367**	-0.4113**	0.1736	0.375**

*: önemli (p<0.05), **: çok önemli (p<0.01)

Tablo 30. Godrahav Deresi Havzası örnekleme noktalarındaki su kalitesi parametrelerinin korelasyon analizi

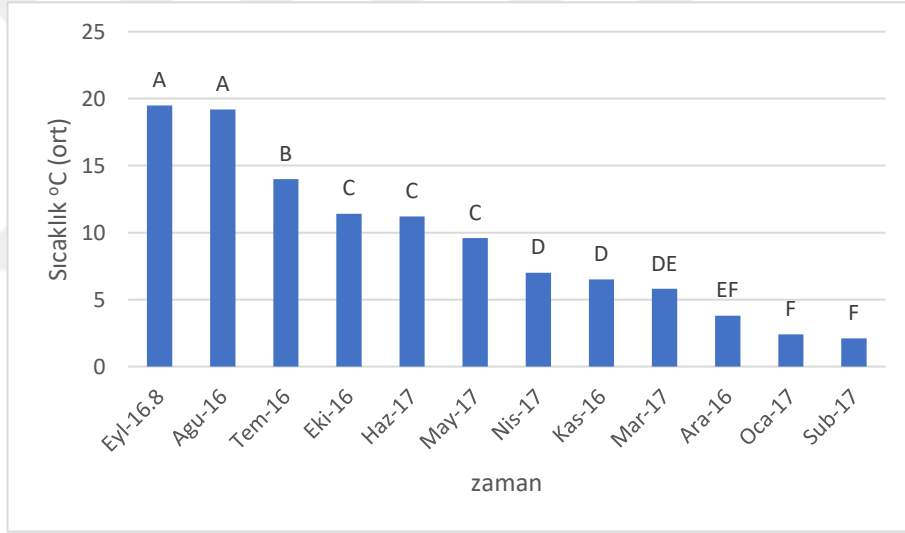
	Debi	Sıcaklık	pH	İletkenlik	Tuzluluk	Toplam Çözünmüş Madde	Çözünmüş Oksijen	Askıda Katı Madde (AKM)	Nitrat (NO ₃)
Sıcaklık	-0.567								
pH	-0.1065	0.2391*							
İletkenlik	-0.4631**	0.887**	0.3244						
Tuzluluk	-0.3378*	0.7942**	0.2995*	0.9744**					
Toplam Çözünmüş Madde	-0.3478*	0.7886**	0.2979*	0.9771**	0.9965**				
Çözünmüş Oksijen	0.633	-0.9056**	-0.2194**	-0.7456**	-0.6565	-0.647			
Askıda Katı Madde (AKM)	0.4441**	-0.1189	0.1924	-0.128	-0.0841	-0.0956	0.0725		
Nitrat (NO ₃)	-0.0792**	0.4334	-0.0438	0.4574**	0.4107**	0.4207**	-0.1284	-0.1427	
Amonyum (NH ₄)	-0.3913**	0.003	0.5808	0.1322	0.1227	0.1422	-0.0101**	-0.079	-0.0419

*: önemli (p<0.05), **: çok önemli (p<0.01)

3.3. Su Kalitesi Parametreleri Bakımından Alt Havzaların, Örnekleme Zamanlarının ve Örnekleme Noktalarının Karşılaştırılması (Varyans Analizi)

Su Sıcaklığı

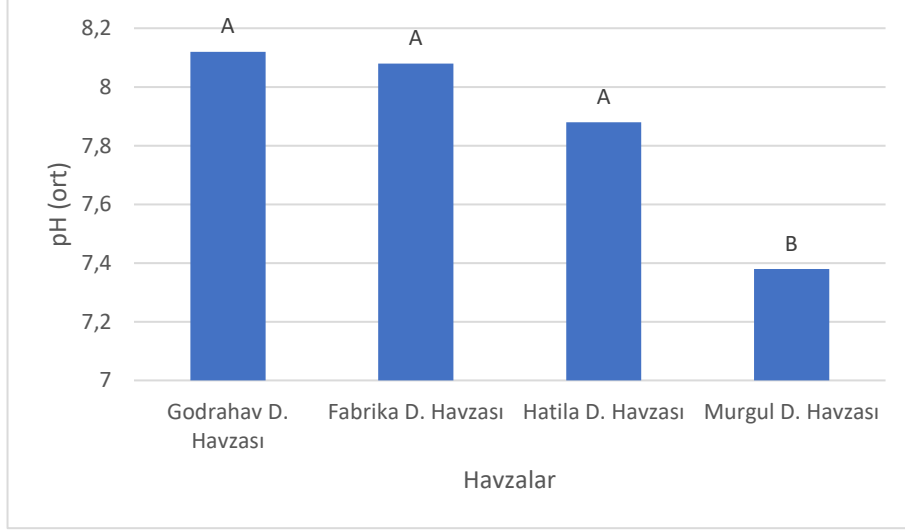
Yapılan varyans analizinde, su sıcaklığı bakımından alt havzalar arasındaki farklılığın istatistik anlamda önemli olmadığı görülmüştür (F:0.589, P>0.05). Örnekleme yapılan noktalar arasında da su sıcaklığı bakımından bir farklılık olmadığı görülmüştür (F:1.41, P>0.05). Ancak, sıcaklık bakımından örnekleme zamanları arasındaki farklılığın istatistik anlamda önemli olduğu (F:135.49; P<0.01) ve en yüksek sıcaklık değerinin Eylül ve Ağustos aylarında, en düşük sıcaklık değerlerinin ise Ocak ve Şubat aylarında ölçüldüğü belirlenmiştir (Şekil 43).



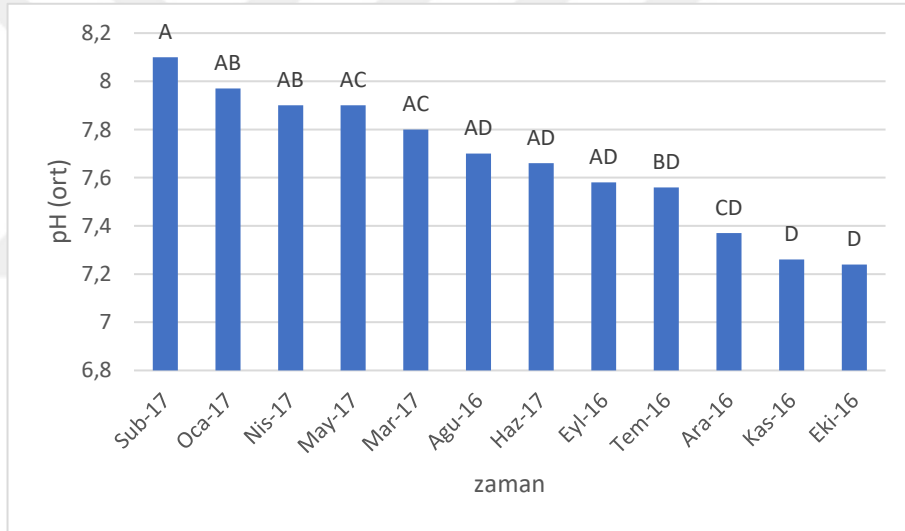
Şekil 43. Su sıcaklığının zamana bağlı varyans analizi

pH

Yapılan analizler sonucunda Godrahav Deresi Havzasındaki pH'ın en yüksek değer aldığı (8.12 ort.) ve bunu sırasıyla Fabrika (8.08 ort.), Hatila (7.88 ort.) ve Murgul Deresi Havzaları (7.38 ort.) takip etmiştir (Şekil 44). pH bakımından alt havzalardaki örnekleme noktalarının yıllık ortalamasının istatistik anlamda önemli olduğu belirlenmiştir (F:39.76; P<0.01). Zamana (F:6.11, P<0.01) ve örnekleme noktalarına (F:10.47, P<0.01) bağlı pH değişimlerinin de istatistik anlamda önemli olduğu belirlenmiştir (Şekil 45).



Şekil 44. pH bakımından havzalara göre varyans analizi

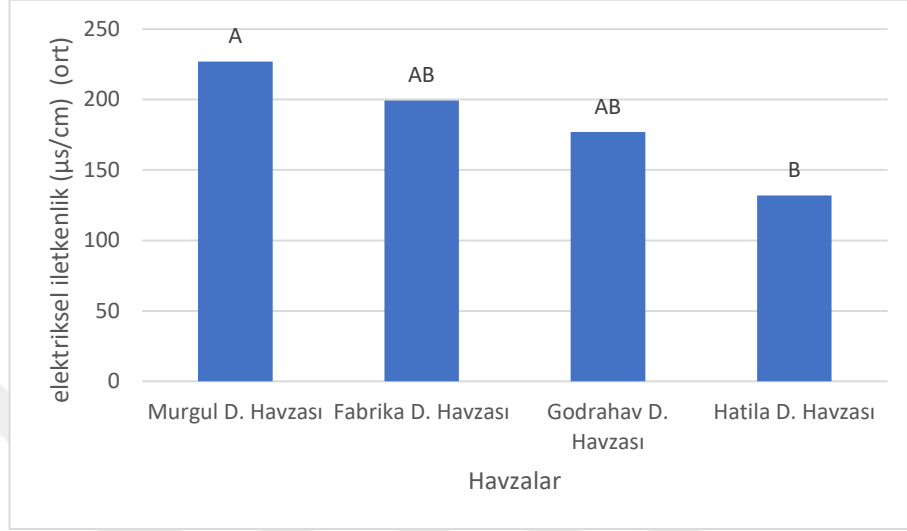


Şekil 45. pH bakımından zamana bağlı varyans analizi

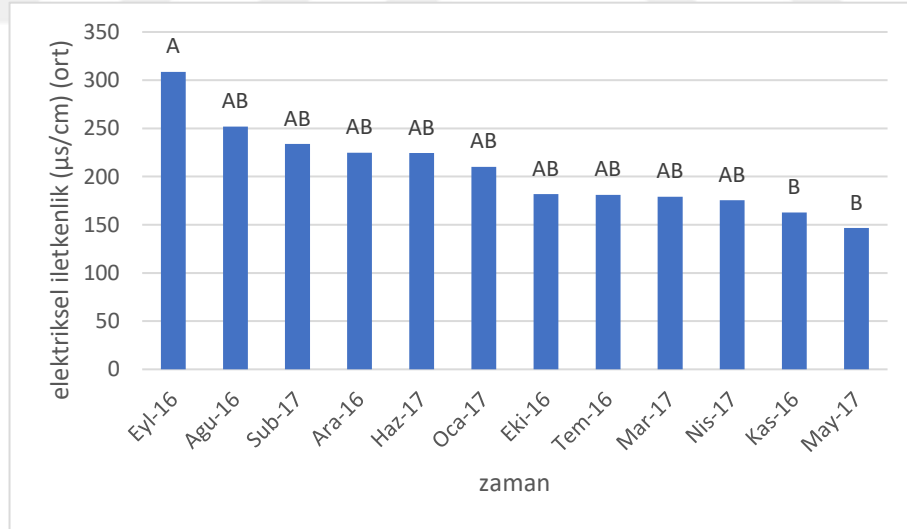
Elektriksel İletkenlik

İstatistik analiz sonuçlarına göre havzalara (F:3.54, P<0.05), zamana (F:2.17, P<0.05) ve örnekleme noktalarına (F:55.44, P<0.01) bağlı olarak elektriksel iletkenlik değerlerinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir (Şekil 46, Şekil 47). Buna göre ortalama elektriksel iletkenlik en yüksek Murgul, en düşük Hatila Deresi Havzalarında görülmüştür. Yine örnekleme noktalarına göre de en yüksek değerler MDH'nda maden ve maden atık barajı çıkışları olan M11 ve M13 noktalarında olduğu ortaya çıkmıştır. Bu noktalardan dereye ulaşan atık sular sudaki çözülmüş madde

konsantrasyonunu arttırarak bu noktalardan itibaren iletkenlik değerin artmasına neden olmaktadır. HDH’de ortalama değerin düşük çıkması da bu havzanın büyük bir kısmının milli park sınırları içerisinde yer alması ve insan faaliyetlerinin bu havzada çok az olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 46. Elektriksel iletkenliğin havzalara bağlı varyans analizi

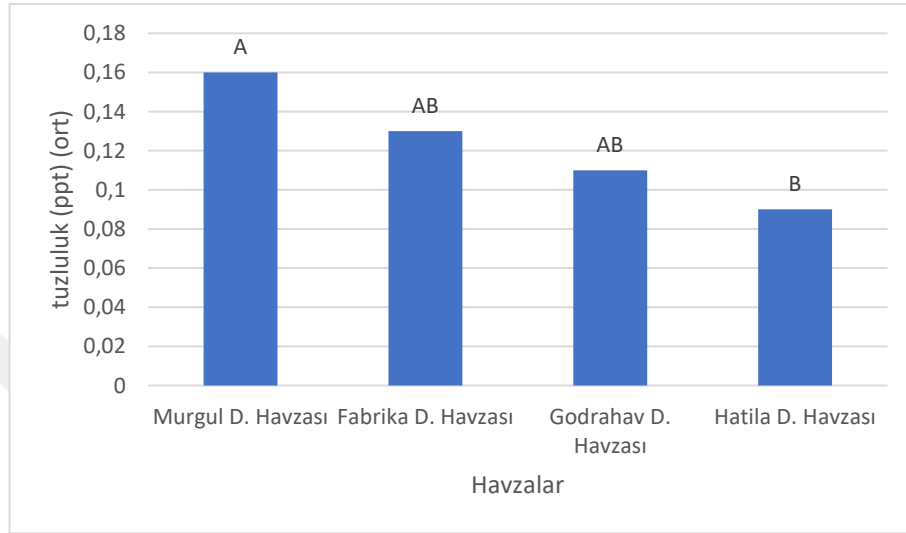


Şekil 47. Elektriksel iletkenliğin zamana göre varyans analizi

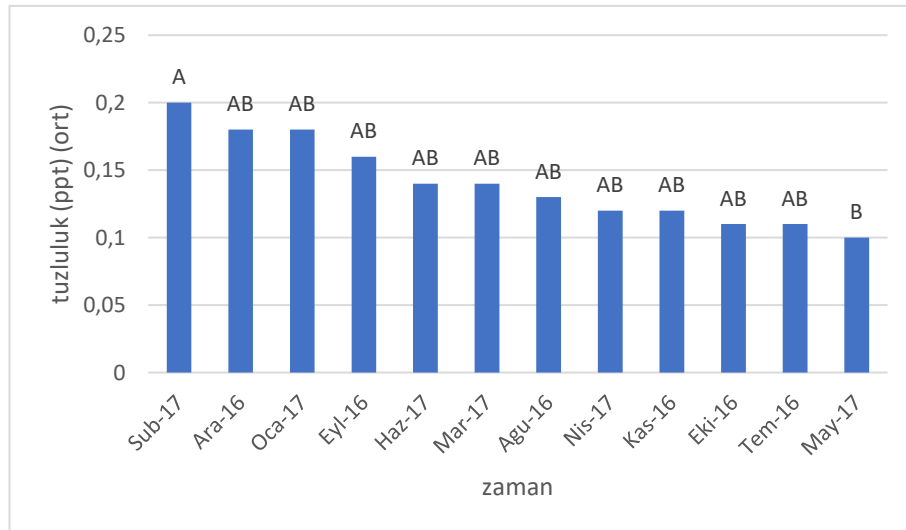
Tuzluluk

Tuzluluk değerlerinin havzalara (F:4.17, P<0.01), zamana (F:2.36, P<0.01) ve örnekleme noktalarına (F:59.09, P<0.01) göre farklılıklarına bakıldığında istatistiki anlamda önemli bulunmuştur (Şekil 48, Şekil 49). Havzalara göre farklılıklara

bakıldığında en yüksek MDH ve en düşük HDH'larının aldığı değerlerde iletkenlikte bahsedilen MDH'nda maden sahasından dereye ulaşan atıklar ve sudaki çözülmüş madde konsantrasyonunun artması tuzluluk miktarını arttırmaktadır. HDH'nın ise diğer alt havzalara kıyasla büyük bir kısmının milli park olması ve insan faaliyetlerinin az olması sebebi ile tuzluluk seviyesi diğer havzalardan düşüktür.



Şekil 48. Tuzluluğun havzalara göre varyans analizi

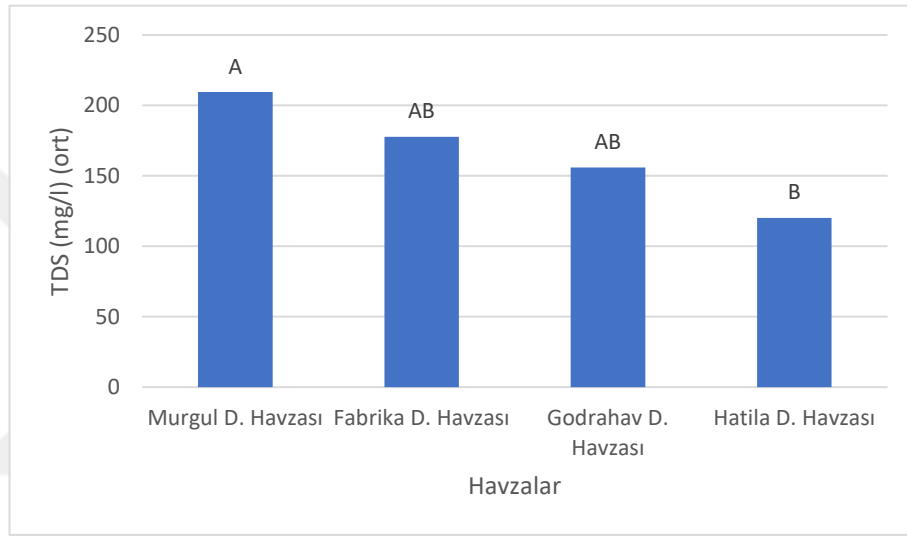


Şekil 49. Tuzluluğun zamana göre varyans analizi

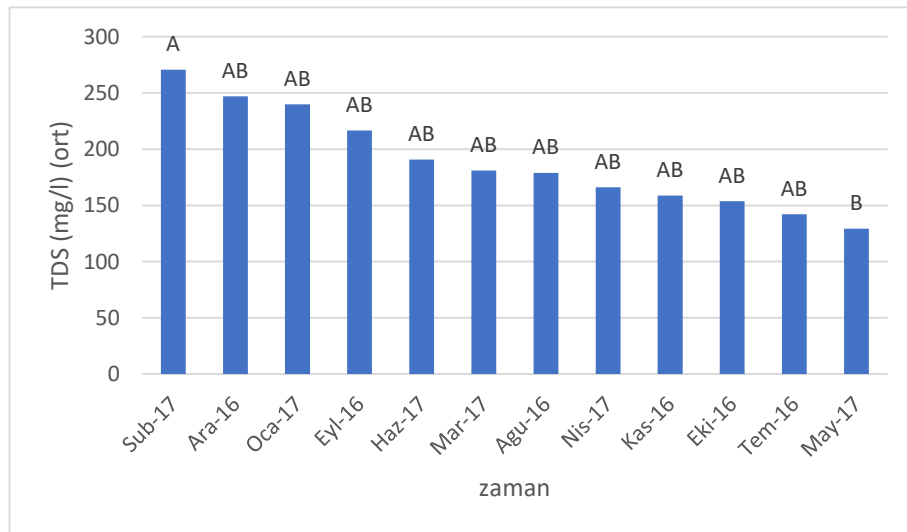
Toplam Çözülmüş Madde (TDS)

Yapılan istatistik analizine göre sulardaki toplam çözülmüş madde miktarının havzalara (F:4.27, P<0.01), zamana (F:2.58, P<0.01) ve örnekleme noktalarına

(F:57.94, P<0.01) göre farklılıkları önemli bulunmuştur (Şekil 50, Şekil 51). Yine aynı şekilde alt havzalara göre MDH’de toplam çözünmüş maddenin yüksek çıkması maden sahası atıklarından kaynaklanmaktadır. HDH’de ise insan kaynaklı faaliyetlerin az olması, ormanlık alanların fazla olması nedeni ile askıda katı madde taşınımının ve dolayısı ile dereye ulaşan çözünebilecek madde taşınımının az olması istatistiksel anlamda diğer alt havzalara göre düşük değerler almasına neden olmuştur. Örnekleme zamanına bağlı olarak ise en fazla değerlerin yağışın fazla olduğu kış aylarında ve en az değerlerin ise yağışların az olduğu ayda olduğu Şekil 51’den görülmektedir.



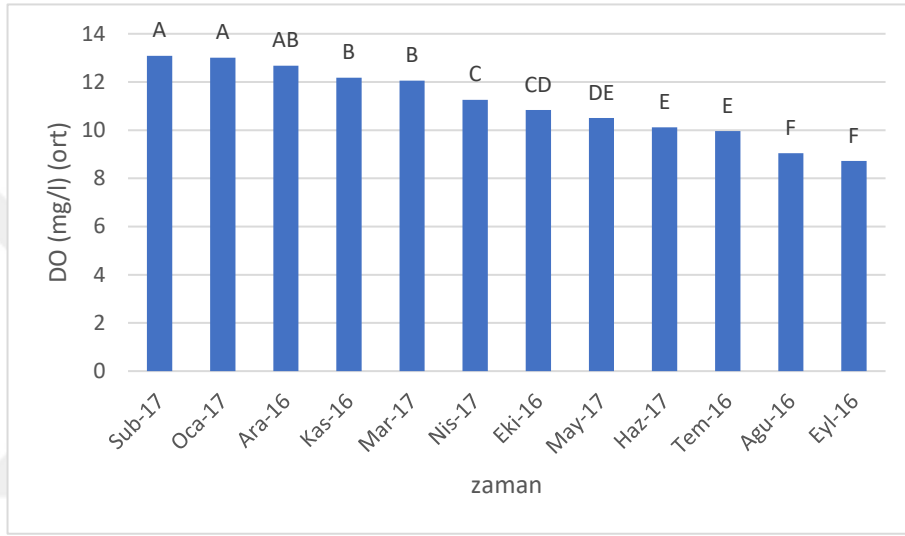
Şekil 50. Toplam çözünmüş madde miktarının havzalara göre varyans analizi



Şekil 51. Toplam çözünmüş madde miktarının zamana göre varyans analizi

Çözünmüş Oksijen (DO)

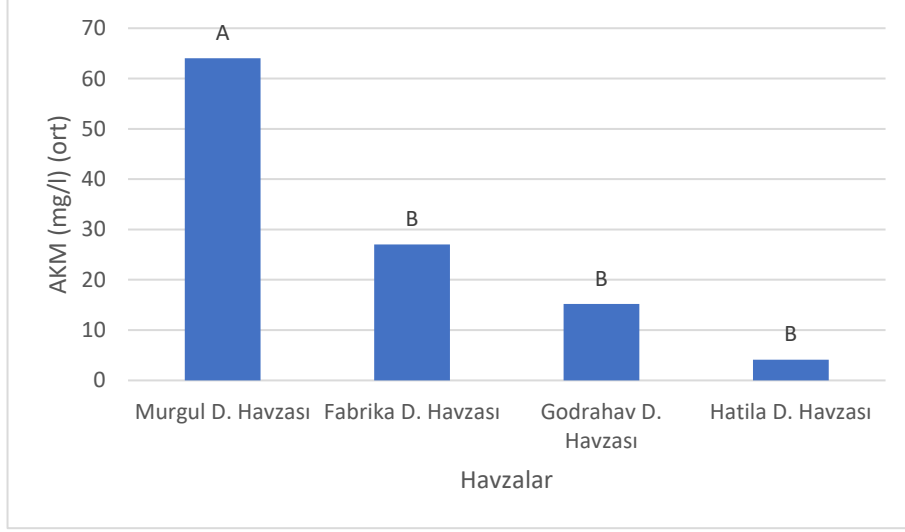
Çözünmüş oksijen bakımından havzalar ve örnekleme noktaları arasında istatistiki anlamda önemli bir fark bulunmazken zamana bağlı değişimleri (F:109.83, P<0.01) istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. Şekil 52'ye bakıldığında yağışların dolayısıyla da dere akışının arttığı, özellikle de su sıcaklığının düştüğü kış aylarında ortalama çözünmüş oksijen seviyesinin arttığı görülecektir. Su sıcaklığı düştükçe çözünmüş oksijen seviyesi artmaktadır.



Şekil 52. Çözünmüş oksijen bakımından zamana bağlı varyans analizi

Askıda Katı Madde (AKM)

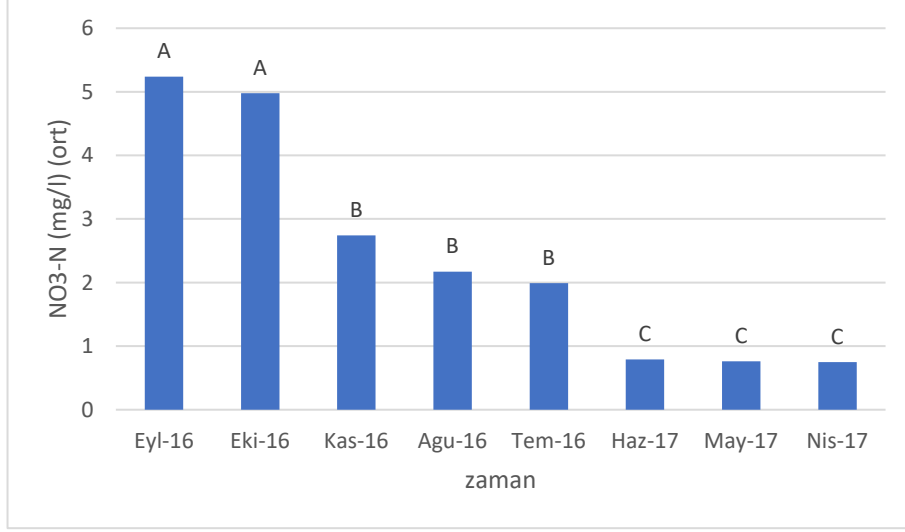
Askıda katı madde miktarlarının zamana bağlı değişimlerinde istatistiki anlamda önemli bir fark bulunmazken havzalara (F:12.40, P<0.01) ve örnekleme noktalarına göre (F:19.17, P<0.01) anlamlı bir değişim görülmüştür (Şekil 53). MDH'ında istatistiksel analiz değerlendirmesine maden atık çıkışından ölçülen noktalar da dahil edildiğinden, bu noktalara ait AKM miktarları genel ortalamayı yükselterek istatistiksel olarak önemli bir fark ortaya çıkarmıştır.



Şekil 53. Askıda katı madde miktarı bakımından havzalara göre varyans analizi

Nitrat Azotu

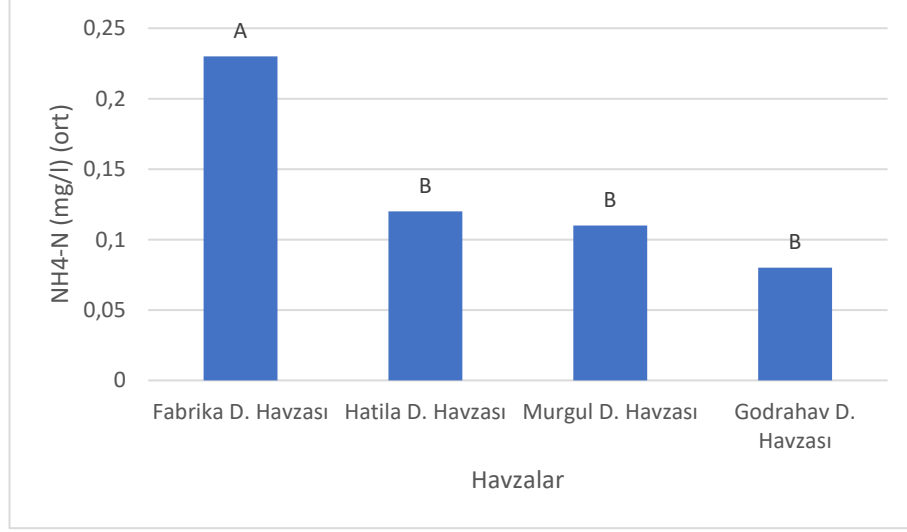
Nitrat azotu değerlerinde havzalara göre istatistiki anlamda önemli bir fark bulunamamıştır. Ancak zamana ($F:18.48$, $P<0.01$) ve örnekleme noktalarına ($F:2.32$, $P<0.01$) göre anlamlı düzeyde bir fark bulunmuştur (Şekil 54). Zamana göre bakıldığında en fazla nitrat taşınımının yağışların arttığı Eylül ve Ekim aylarında olduğu görülmektedir. Bu aylarda yağışların artması ile birlikte bitkisel ve hayvansal atıkların ayrışması sonucu ortaya çıkan amonyağın oksitlenmesinden oluşan nitratin ve nitrat içerikli gübrelerin çözünerek suya karışması ve derelere ulaşmasıyla nitrat yükü artmaktadır.



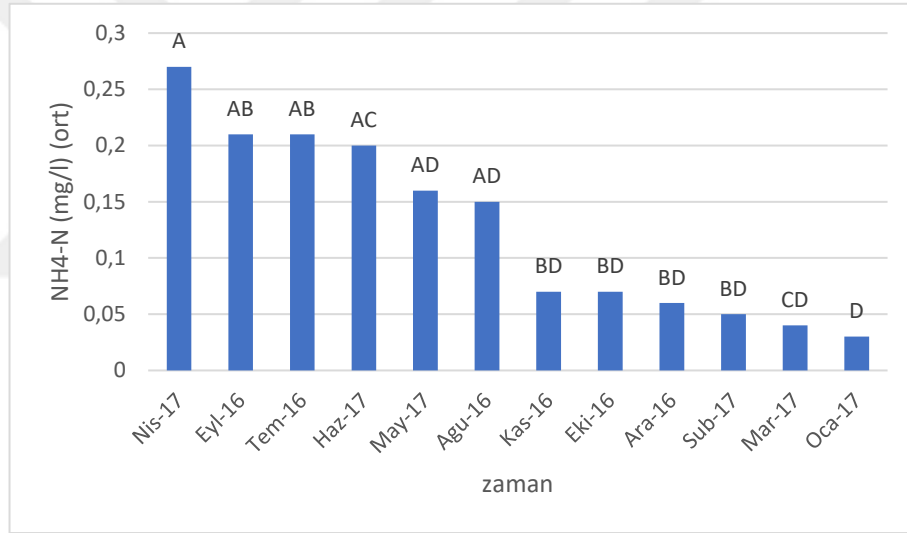
Şekil 54. Nitrat azotunun zamana bağlı varyans analizi

Amonyum Azotu

Yapılan analizlere göre amonyum azotunun değerleri havzalara (F:8.44, P<0.01), zamana (F:5.56, P<0.01) ve örnekleme noktalarına (F:8.83, P<0.01) göre farklılıkları istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur (Şekil 55, Şekil 56). Alt havzalara göre bakıldığında en yüksek FDH görülmektedir. Amonyumun ana kaynakları içerisinde amonyum içerikli gübreler, evsel ve endüstriyel atıklar ve organik maddelerin ayrışması yer almaktadır. Diğer alt havzalara göre yerleşim biriminin ve dolayısı ile evsel atıkların en fazla olduğu havza FDH'ndan istatistiksel olarak elde edilen değerler bu sonucu doğrulamaktadır. Örnekleme zamanına göre ise en fazla ortalama amonyum yükünün Nisan ayında olduğu görülmektedir ki, bu ayda vejetasyon döneminin başlaması ile dere kenarı vejetasyonundaki ayrışmanın artması ile dere sularındaki amonyum konsantrasyonu da artmaktadır.



Şekil 55. Amonyum azotunun havzalara bağlı varyans analizi



Şekil 56. Amonyum azotunun zamana bağlı varyans analizi

NT-HES Tesislerinin Etkisi

Araştırma sahasının alt havzalarından biri olan MDH bünyesinde membadan mansaba doğru birbiri ardına kurulu NT-HES tesislerinin bulunduğu belirtilmişti. Bu tesislerin ölçülen su kalitesi parametrelerine bir etkisinin olup olmadığını istatistiksel bakımdan ortaya koyabilmek için MDH için M1 noktasından başlayarak M10 noktasına kadar olan örnekleme noktaları kullanılmıştır. Bu noktalar birbiri ardına kurulu 3 adet NT-HES tesisinin (1) regülatör öncesi, (2) regülatör ile kuyruk suyu çıkışı arası ve (3)

kuyruk suyu çıkışındaki su kalitesi, su rejimi ve sediment verimlerini karşılaştırmak üzere belirlenen örnekleme noktalarıdır. Havzanın bu kısmındaki örnekleme noktaları bu 3 kritere göre gruplandırılıp ölçülen su kalitesi parametreleri bakımından değerlendirildiğinde su sıcaklığında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olduğu ortaya çıkmıştır (F:4.43, P<0.05). Bu analizlere göre deredeki su enerji üretimi için regülatöre alınmadan önce su sıcaklığı için 12 aylık ölçüm değerlerinin ortalaması 7.1 °C, regülatör ile kuyruk suyu çıkışı arasındaki can suyunda ölçülen ortalama değer 10.5 °C ve HES tesisinden çıktıktan sonra ise ortalama değer 8.5 °C'ye düştüğü ortaya çıkmıştır. Örnekleme noktalarının rakımı düştükçe suyun sıcaklığındaki artış beklenen bir durumdur. NT-HES tesislerinin regülatör girişleri ile kuyruk suyu çıkışları arasındaki ölçülen noktalarda deredeki normal su miktarının ancak %10'u can suyu olarak aktığından su sıcaklığının beklenenden daha fazla artmasına neden olmaktadır. Yine aynı şekilde iletkenlik (F:5.75, P<0.01), tuzluluk (F:4.24, P<0.05), toplam çözünmüş madde (F:5.27, P<0.01) ve askıda katı madde (F:4.77, P<0.05) değerlerinde de örnekleme noktalarının konumu bakımından belirtilen 3 kritere göre aralarında istatistiksel önemli farklar ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde bu can suyu noktalarında iletkenlik, tuzluluk, TDS ve AKM gibi parametrelerin artması da su miktarının azalması ile bu parametrelere neden olan maddelerin sudaki konsantrasyonunun artması ile meydana gelmektedir. Örneğin iletkenlik için regülatör girişlerinde ölçülen ortalama değer 62.3 µs/cm, regülatör ile kuyruk suyu çıkışı arasında ölçülen değer 93.3 µs/cm ve kuyruk suyu çıkışında ölçülen değer ise 82.2 µs/cm'dir. Örnekleme noktalarındaki ölçülen diğer pH, çözünmüş oksijen, nitrat ve amonyum parametrelerine göre istatistiksel olarak önemli bir farkın olmadığı görülmüştür.

3.4. SWAT Modeli Bulguları

Çalışma alanına uygulanan SWAT modeli yersel olarak ölçülen akış, askıda katı madde taşınımı (sediment konsantrasyonu) ve nitrat azotu (NO₃-N) için kalibre edilmiştir. Yersel olarak ölçülen amonyum (NH₄) ve fosfat fosforu (PO₄-P) değerlerinin kalibrasyonu başarılı olmamıştır. Amonyum için ölçülen ve tahmin edilen değerler arasında çok yüksek farklar ortaya çıkmıştır. Fosfat fosforu için ise ölçülen değerlerin çoğunluğu ölçüm kitinin minimum ölçüm aralığının (0.05 mg/l) altında kaldığından “0” olarak belirlenmiştir. Ölçüm değerlerinin çoğunluğu “0” olduğundan kalibrasyon işlemi başarılı olmamıştır. Kalibrasyonda Temmuz 2016 – Haziran 2017 arasında çalışma alanındaki gözlem noktalarından aylık olarak ölçülen 12 aylık veri seti kullanılmıştır. Kalibrasyon ve doğrulama çalışmaları SWAT-CUP programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.4.1. Duyarlılık Analizi

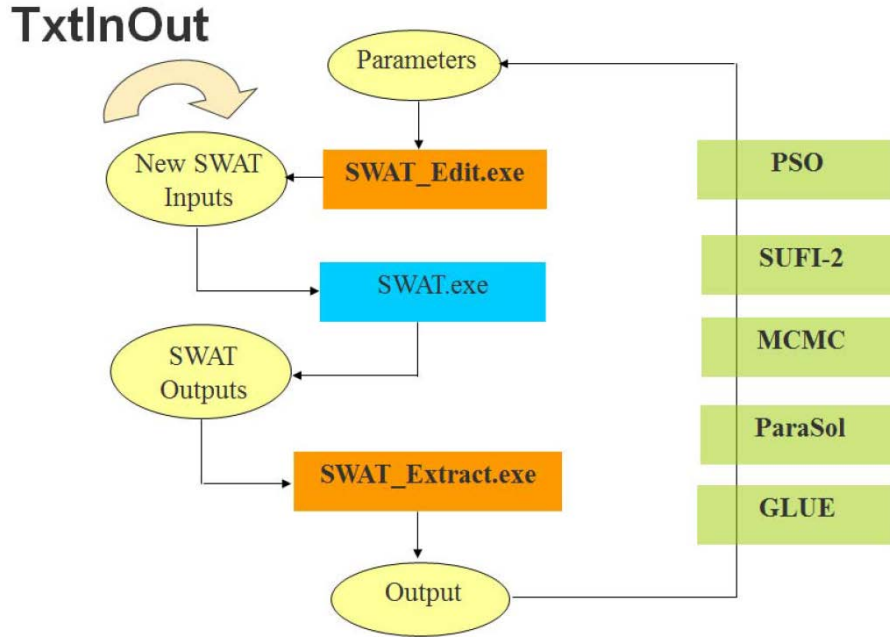
Duyarlılık analizleri, modellerin simülasyon değerleri üzerinde etkili olan parametrelerin önem derecelerinin belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan SWAT modeli için yapılan duyarlılık analizinde öncelikle simülasyon verileri SWAT-CUP (SWAT-Calibration and Uncertainty Program) programına aktarılmış ve SUFI-2 optimizasyonu seçilmiştir. SWAT-CUP yarı otomatik bir program olduğundan duyarlılık analizinde kullanılacak parametreler manuel olarak belirlenmiştir. Bu parametrelere daha önceden yapılmış olan çalışmalar incelenerek karar verilmiştir (Akhavan ve ark., 2010; Oeurng ve ark., 2011; Arnold ve ark., 2012; Strauch ve ark., 2012; Güngör ve Göncü, 2013; Ben Salah ve Abida, 2016; Gull ve ark., 2017; Thodsen ve ark., 2017). Yüzeysel akış, sediment ve su kalitesinin duyarlılık analizinde kullanılan parametreler aşağıda kalibrasyon kısmında ilgili başlıkların altında verilmiştir.

SWAT-CUP programında duyarlılık analizi gerçekleştirilirken Latin-hiperküp metodu kullanılmaktadır. Latin-hiperküp metodu Monte-Carlo yöntemini temel alan ve analiz sonuçları için Monte-Carlo yönteminde olduğu gibi rastgele örnekleme yapan gelişmiş bir metottur (McKay ve ark., 1979; Helton ve Davis, 2003; Shields ve Zhang, 2016). Latin-hiperküp metodunda kullanılan parametre değer aralığı “n” parçaya bölünür. Daha sonrasında bu metodu kullanan model tarafından parametrelerin rastgele

kombinasyonları model içerisinde “n” defa koşturulur. Elde edilen sonuçlar model içerisinde istatistiksel yöntemlerle analiz edilerek etkin parametrelerin belirlenmesi sağlanmaktadır.

3.4.2. Kalibrasyon ve Doğrulama

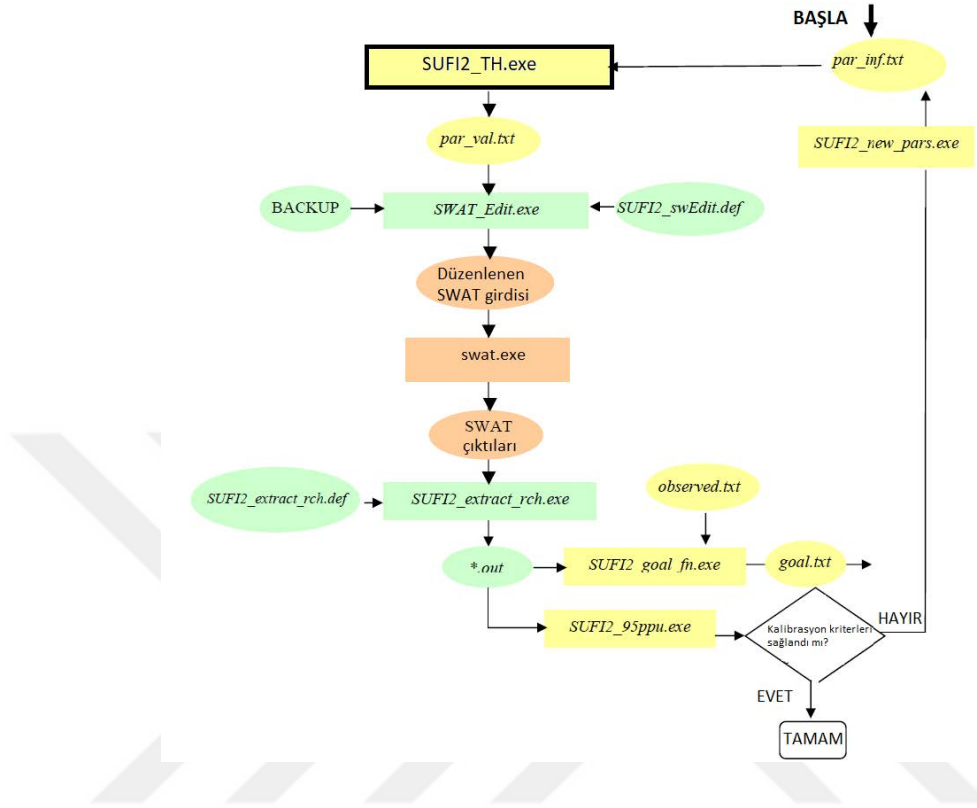
Çalışma alanına uygulanan modelin kalibrasyonu için SWAT-CUP (SWAT Calibration and Uncertainty Procedures) programı kullanılmıştır. SWAT-CUP programı SWAT model çıktılarının kalibrasyonunda kullanılan bir yazılımdır. SWAT-CUP programı ile SWAT model çıktılarının kalibrasyonu, belirsizlik veya hassasiyet analizi kolayca yapılabilir. Programda, kalibrasyon için 5 farklı optimizasyon yöntemi vardır (Şekil 57). Bunlar PSO (Particle Swarm Optimization), GLUE (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation), ParaSol (Parameter Solution), SUFI-2 (Sequential Uncertainty Fitting) ve MCMC (Markov Chain Monte Carlo) yöntemleridir (Abbaspour, 2015).



Şekil 57. SWAT-CUP programı akış şeması (Abbaspour, 2015)

SWAT modelinin kalibrasyon aşamasında SWAT-CUP programının optimizasyon yöntemleri arasından SUFI-2 algoritması (Şekil 58) tercih edilmiştir. SUFI-2

optimizasyon algoritması en çok tercih edilen yöntemlerden biridir (Meaurio ve ark., 2015).



Şekil 58. SWAT çıktıları ile SUFI-2 algoritmasının şematik gösterimi (Abbaspour, 2015)

Kalibrasyon ve doğrulama işlemi çalışma alanındaki 4 alt havza için her havza diğerlerinden bağımsız olacak şekilde modellenmiştir. Kalibrasyon işlemi günlük, aylık ve yıllık olarak gerçekleştirilebilmektedir. Bu çalışmada ölçülen değerler ölçüm periyodu boyunca ayda bir gerçekleştirilmiştir. Tek bir gün ölçülen değerler aylık ortalama değeri temsil edemeyeceğinden bu çalışmada kalibrasyon işlemi günlük yapılmıştır.

Kalibrasyon ve doğrulama işlemi akış, sediment ve nitrat (NO₃) için yapılmıştır. Kalibrasyon işlemi 4 alt havzanın mansap (çıkış) noktalarına göre uygulanarak bu noktadaki ölçüm değerleri kullanılmıştır. Kalibrasyon işleminde öncelikle akışın, daha sonra sediment ve ardından su kalitesi parametrelerinin kalibre edilmesi gerektiği literatürde bildirilmektedir (Engel ve ark., 2007; Santhi ve ark., 2008). Kalibrasyon işlemi bahsedilen sıraya göre yapılmıştır. Bu işlem her alt havza için ayrı ayrı yapılarak her biri için SWAT-CUP programı 5 defa koşturulmuş ve her koşturmada 200

simülasyon olacak şekilde toplamda 1000 simülasyon gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonun ardından modelin doğrulaması yapılmıştır. Literatüre bakıldığında, doğrulama işleminin genel olarak kalibrasyonun yapıldığı noktada ve kalibrasyon işleminin yapıldığı zaman periyodunun dışında bir dilimde gerçekleştirildiği görülmektedir. Bu çalışmada da doğrulama işlemi için Mart 2018 – Ekim 2018 arasında çalışma alanındaki gözlem noktalarından aylık olarak ölçülen 8 aylık veri seti kullanılmıştır. Ayrıca Fabrika ve Godrahav Deresi Havzaları için ölçüm aralığı Mart ile Haziran 2018 tarihleri arasında haftalık olarak gerçekleştirilerek doğrulamada kullanılan veri seti arttırılmıştır.

3.4.2.1. Dere Akışının Kalibrasyonu ve Doğrulanması

Çalışma alanında dere akışının kalibrasyonu için 4 alt havzanın çıkış noktalarına ait veriler kullanılmıştır. Veri seti ölçüm noktalarında Temmuz 2016 – Haziran 2017 periyodunda aylık olarak ölçülen akım değerlerinden oluşmaktadır. Doğrulama işlemi, Murgul ve Hatila Deresi alt havzalarında Mart – Ekim 2018 tarihleri arasında yapılan ölçümlerle oluşturulan 8 aylık veri seti kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Fabrika ve Godrahav Deresi havzalarında ise söz konusu 8 aylık veri setine ek olarak 30 Mart-1 Haziran 2018 tarihleri arasında haftalık olarak yapılan ölçümler sonucu elde edilen toplam 10 haftalık veri seti de kullanılmıştır. Yüzeysel akışın kalibrasyonunda yalnızca Tablo 31’de yer alan parametreler kullanılmıştır.

Tablo 31. Yüzeysel akış için kalibre edilen parametreler ve değer aralıkları

Parametre	Tanımı	Değer Aralığı	
		min	max
CN2.mgt	Yüzey Akış Eğri Numarası	0	1
ALPHA_BF.gw	Baz akım alfa faktörü	0	1
GW_DELAY.gw	Yeraltı suyu gecikmesi	0	500
GWQMN.gw	Sığ akiferden derin akifere sızan su eşik derinliği	0	5000
GW_REVAP.gw	Yeraltısuyu “revap” katsayısı	0.02	0.2
SOL_ZMX.sol	Toprak yüzeyinden itibaren maksimum kök derinliği	0	3500
SOL_K().sol	Toprak katmanındaki hidrolik iletkenlik	0	2000
SOL_AWC().sol	Toprak katmanındaki su tutma kapasitesi	0	1
SOL_Z().sol	Toprak yüzeyinden itibaren katman derinliği	0	3500
SOL_BD().sol	Toprak hacim ağırlığı	0.9	2.5
EPCO.bsn	Bitki alımı dengeleme faktörü	0	1
ESCO.bsn	Topraktan buharlaşma dengeleme faktörü	0	1

3.4.2.2. Sediment ve Su Kalitesi Parametrelerinin Kalibrasyonu ve Doğrulanması

Su kalitesi parametrelerine ait ne kadar yük taşındığı yüzeysel akış ve sediment ile ilgili olduğundan önce sedimentin sonrasında da su kalitesinin kalibrasyon ve doğrulanması yapılmıştır. Sedimentin kalibrasyonunda örnekleme noktalarından alınan su örneklerindeki AKM değerleri kullanılmıştır. Su kalitesi parametrelerinden nitratin kalibrasyon ve doğrulanması yapılmıştır. Bu parametreye ait yükler günlük kalibrasyon için SWAT çıktı dosyasında kg/gün olarak verilmiştir. Ölçülen değerler ise mg/l birim cinsinden olduğundan ölçüm yapılan gündeki debi verileri kullanılarak kg/gün'e çevrilmiştir. Su örneklerinde fosfat ölçümü de yapılmış ancak spektrofotometrik ölçümde küvet testinin minimum ölçüm eşik değeri 0.05 mg/l olduğundan bu değer altındaki ölçümler yapılamamıştır. Fosfat fosforu için Şekil 42'ye bakıldığında genel olarak ölçüm değerlerinin "0" olduğu görülecektir. Bu nedenle fosfat fosforu parametresine ait kalibrasyon mümkün olmamıştır. Sediment ve su kalitesinin kalibrasyonunda kullanılan parametreler Tablo 32 ve Tablo 33'de verilmiştir.

Tablo 32. Sedimentin kalibrasyonunda kullanılan parametreler ve değer aralıkları

Parametre	Tanımı	Değer Aralığı	
		min	max
SPEXP.bsn	Dere yatağına ulaşan sedimentin taşınımı için üstel katsayı	1	1.5
SPCON.bsn	Dere yatağına ulaşan maksimum sediment miktarını hesaplamak için kullanılan doğrusal katsayı	0.001	0.01
CH_ERODMO.rte	Erozivite indeksi	0	1
CH_COV1.rte	Dere yatağı erodobilite faktörü	-0.05	0.6
C_FACTOR.bsn	C faktörü (arazi örtüsü/kullanımı ve yönetimi)	0.001	0.45
USLE_P.mgt	USLE toprak koruma faktörü	0	1
USLE_K.sol	USLE toprak erodobilite (K) faktörü	0	0.65
CH_WDR.rte	Dere yatağı en-kesit oranı	-0.1	0.1
CH_BED_KD.rte	Dere yatağı erodobilite faktörü	0.001	3.75
CH_BNK_KD.rte	Dere kıyısı erodobilite faktörü	0.001	3.75
CH_BNK_BD.rte	Dere kıyısındaki sedimentin hacim ağırlığı	1.1	1.9
CH_BED_BD.rte	Dere yatağındaki sedimentin hacim ağırlığı	1.1	1.9

Tablo 33. Su kalitesinin kalibrasyonunda kullanılan parametreler ve değer aralıkları

Parametre	Tanımı	Değer Aralığı	
		min	max
SOL_ORGN.chm	Toprak horizonundaki organik azot konsantrasyonu	0	100
NPERCO.bsn	Azot perkolasyon katsayısı	0	1
BC1_BSN.bsn	NH ₃ 'ün biyolojik oksidasyonu için oran sabiti	0.1	1
BC2_BSN.bsn	NO ₂ 'den NO ₃ 'e biyolojik oksidasyon için oran sabiti	0.2	2
BC3_BSN.bsn	Organik azotun amonyağa hidrolize edilmesi için oran sabiti	0.2	0.4
CDN.bsn	Denitrifikasyon üstel oran katsayısı	0	3
SDNCO.bsn	Denitrifikasyon eşiği su içeriği	0	1
SOL_NO3.chm	Toprak horizonundaki ilk NO ₃ konsantrasyonu	0	100
RS4.swq	20 ° C'de organik azot çökmesi için oran katsayısı	0.001	0.1

3.4.3. Modelin Performans İstatistikleri

Model çalışmalarında performans istatistikleri simüle edilen değerlerin ölçülen gözlem değerleriyle olan uyumunu açıklamak için kullanılır. Birçok performans istatistik yöntemi vardır. Bu çalışmada modelin performansını test edebilmek için R² (belirginlik katsayısı), modelin tahmin kapasitesini gösteren NSE (Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı) ve PBIAS (yüzde hata istatistiği) istatistikleri kullanılmıştır. Bu performans istatistiklerine ait ölçüt değer aralıkları Tablo 34'de verilmiştir.

Tablo 34. Model istatistikleri için performans değerlendirme ölçütleri (Moriasi ve ark., 2007)

Performans Ölçüsü	Nash-Sutcliffe efficiency (NSE)	PBIAS (%)		
		Debi	AKM	N, P
Çok iyi	0.75 <NSE≤1.0	PBIAS < ±10	PBIAS < ±15	PBIAS < ±25
İyi	0.65 <NSE≤0.75	±10 ≤ PBIAS < ±15	±15 ≤ PBIAS < ±30	±25 ≤ PBIAS < ±40
Yeterli	0.50 <NSE≤0.65	±15 ≤ PBIAS < ±25	±30 ≤ PBIAS < ±55	±40 ≤ PBIAS < ±70
Yetersiz	NSE≤0.50	PBIAS ≥ ±25	PBIAS ≥ ±55	PBIAS ≥ ±70

R² oranı simülasyon değerleri ile ölçülen değerler arasındaki değişimin boyutunu verir ve 0 – 1 arasındadır. Yüksek değerler simülasyon ile gözlem değerlerinin uyum içerisinde olduğunu gösterir (Moriasi ve ark., 2007).

$$R^2 = \left[\frac{\sum_1^n (Q_{obs} - Q_{obs_mean})(Q_{sim} - Q_{sim_mean})}{\sqrt{\sum_1^n (Q_{obs} - Q_{obs_mean})^2 \sum_1^n (Q_{sim} - Q_{sim_mean})^2}} \right]^2 \quad (7)$$

Burada;

n	Toplam örnekleme sayısı
Q_{obs}	Gözlenen değer
Q_{obs_mean}	Gözlenen değerlerin ortalaması
Q_{sim}	Simüle edilen değer
Q_{sim_mean}	Simüle edilen değerlerin ortalaması

NSE, modelin tahmin kabiliyetini temsil eden gösterge değeri verir. Aldığı değerler $-\infty$ ile 1 arasındadır. Aldığı değer 0-1 arasında olması istenen durumdur ve 1'e yaklaştıkça modelin iyi bir tahmin sonucu verdiğini gösterir (Moriassi ve ark., 2007).

$$NSE = 1 - \left[\frac{\sum_1^n (Q_{obs} - Q_{sim})^2}{\sum_1^n (Q_{obs} - Q_{mean})^2} \right] \quad (8)$$

Burada;

n	Toplam örnekleme sayısı
Q_{obs}	Gözlenen değer
Q_{mean}	Gözlenen değerlerin ortalaması
Q_{sim}	Simüle edilen değer

Model simülasyon değerlerinin gözlenen değerlerden negatif ya da pozitif yönde ne kadar uzak olduğunu belirlemek için yüzde hata istatistiği (PBIAS) kullanılmaktadır. Pozitif değerler gözlenen değerlerin simülasyon değerlerinden büyük olduğunu gösterirken negatif değerler tam tersi durumu ifade eder (Gupta ve ark., 1999).

$$PBIAS = \left[\frac{\sum_1^n (Q_{obs} - Q_{sim}) \times 100}{\sum_1^n Q_{obs}} \right] \quad (9)$$

Burada;

n	Toplam örnekleme sayısı
Q_{obs}	Gözlenen değer
Q_{sim}	Simüle edilen değer

3.4.4. Kalibrasyon ve Doğrulama Çıktıları ve Değerlendirilmesi

3.4.4.1. Dere Akışı

Çalışma alanındaki 4 alt havzanın kalibrasyon ve doğrulamasına ait performans istatistikleri Tablo 35’de verilmiştir. Kalibrasyon ve doğrulama periyodundaki ölçüm ve simülasyon grafikleri ise Şekil 59, Şekil 60, Şekil 61 ve Şekil 62’te gösterilmiştir. Modelin performans ölçütlerine göre genel olarak tüm havzalar kabul edilebilir anlamlı sonuçlar vermiştir. Modelin tahmin verilerine göre havzaların mansaba ulaşan yıllık ortalama yüzeysel akış miktarları da Tablo 36’da verilmiştir. Buna göre en fazla akış miktarı yıllık ortalama 2.41 m³/s ile MDH ve en düşük ise 0.19 m³/s ile FDH’dir.

MDH değerlendirildiğinde kalibrasyonun yapıldığı noktada modelin performansını ifade eden belirginlik katsayısı R² 0.53 ve yüzde hata istatistiği olan PBIAS katsayısı 1.91 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler model performans istatistikleri kriterlerine göre (Tablo 34) kabul edilebilir düzeydedir. Ancak, modelin tahmin kapasitesini ifade eden NSE katsayısı 0.22 olarak hesaplanmıştır ve modelin başarılı sayılabilmesi için bu değer 0.50’den fazla olması gerektiği bildirilmektedir (Moriasi ve ark., 2007). Performans istatistiklerine doğrulama sürecinde bakıldığında belirginlik katsayısı R² 0.86 ve NSE değeri 0.76 ile anlamlı bulunurken, PBIAS -37.1 ile yeterli kabul edilen alt sınıra yakın bir değer almıştır. Diğer havzalara göre MDH’nda modelin başarısının daha düşük olmasındaki en büyük etken bu havzadaki birbiri ardına kurulu NT-HES’lerdir. MDH’nda birbiri ardına kurulu NT-HES’ler özellikle doğrulama sürecinde modelin tahmin kapasitesini oldukça zorlamıştır ki bu durum beklenen bir sonuçtur. Öyle ki, havzada mambadan mansaba kadar ana deredeki akış sadece NT-HES’lerin bırakmak zorunda olduğu can suyundan ibarettir. Durum böyle olunca gözlenen veriler ile modelin tahmin verileri arasında uyum sağlanması zaten mümkün değildir. Beklendiği üzere, özellikle kurak geçen yaz aylarında dere akımının düşük olması nedeniyle NT-HES tesisleri üretimi bu kurak dönemlerde de sürdürmek amacıyla dere suyunu iletim borularında ve havuzlarda biriktirmeli olarak kullanmaktadırlar. Yükleme havuzlarında depoladıkları suyu yeterli seviyeye gelince üretim için bırakmaktadırlar. Bu durumda, özellikle yaz aylarında yapılan ölçümlerde normal akımlardan daha düşük ya da daha yüksek ölçümlere sebep olmaktadır ki bu

da zaten kısıtlı sayıda olan gözlem değerlerinin simülasyon değerleriyle uyumsuzluğuna neden olarak kalibrasyonun başarısını düşürmektedir.

Murgul Deresi alt havzası ile karşılaştırınca, çoğunluğu milli park sınırları içinde yer alan ve dolayısı ile insan kaynaklı müdahalelere hemen hemen hiç maruz kalmayan Hatila Deresi Havzası'nın kalibrasyon ve doğrulama sonuçlarına bakıldığında (Tablo 35) beklendiği üzere oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Kalibrasyonun yapıldığı noktada modelin performansını ifade eden belirginlik katsayısı R^2 0.85 ve modelin tahmin kapasitesini ifade eden NSE katsayısı 0.84 olarak hesaplanırken, yüzde hata istatistiği olan PBIAS katsayısı -4.54 olarak hesaplanmıştır. Doğrulama aşamasında bu değerler en düşük R^2 0.85, NSE 0.83 ve PBIAS -10.66 olarak hesaplanarak modelin başarılı olduğu görülmüştür (Tablo 35).

Fabrika ve Godrahav alt havzaları irdelendiğinde (Tablo 35) kalibrasyon ve doğrulama sonuçları özellikle Murgul alt havzası ile karşılaştırılınca başarılı sonuçlar vermiştir. FDH kalibrasyon sonuçlarına göre modelin performansını ifade eden R^2 0.85 ve modelin tahmin kapasitesini ifade eden NSE katsayısı 0.85 olarak hesaplanırken, yüzde hata istatistiği olan PBIAS katsayısı ise 0.64 olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde, doğrulama aşamasında da elde edilen R^2 0.89, NSE 0.88 ve PBIAS -4.79 gibi yüksek oranlar ile başarılı sonuçlar elde edilmiştir. GDH'de bu sonuçlar kalibrasyonda R^2 0.78, NSE 0.72, PBIAS 12.7 ve modelin doğrulama aşamasında R^2 0.91, NSE 0.84, PBIAS -18.94 olarak başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Benzer çalışmalara bakıldığında, Çukurova Bölgesinde yer alan Aşağı Seyhan Ovası'nda yürütülen bir çalışmada akım gözlem istasyonlarından elde edilen günlük akım verileri ile SWAT modeli kalibre edilerek çalışılan havzanın çıkışında ve alt havzalarda yüzey akış tahminleri yapılması amaçlanmıştır. Yapılan çalışma neticesinde performans istatistikleri olan R^2 katsayısı 0.73, NSE değeri 0.73 ve PBIAS değeri 2.4 bulunmuştur. Doğrulama sürecinde ise bu değerler sırasıyla 0.58, 0.57 ve -5.6 olarak elde edilmiştir (Gölpınar, 2017). Mogan Gölü Havzası'nda (Ankara) yapılan çalışmada farklı tarımsal yönetim uygulamalarının sediment, toplam azot ve toplam fosfor yükleri üzerindeki etkisi SWAT modeli kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma alanı içerisinde verilerin az olmasından kalibrasyon ve doğrulama çalışmaları farklı alt havzalar üzerinde aynı zaman periyodunda gerçekleştirilmiştir. Buna göre

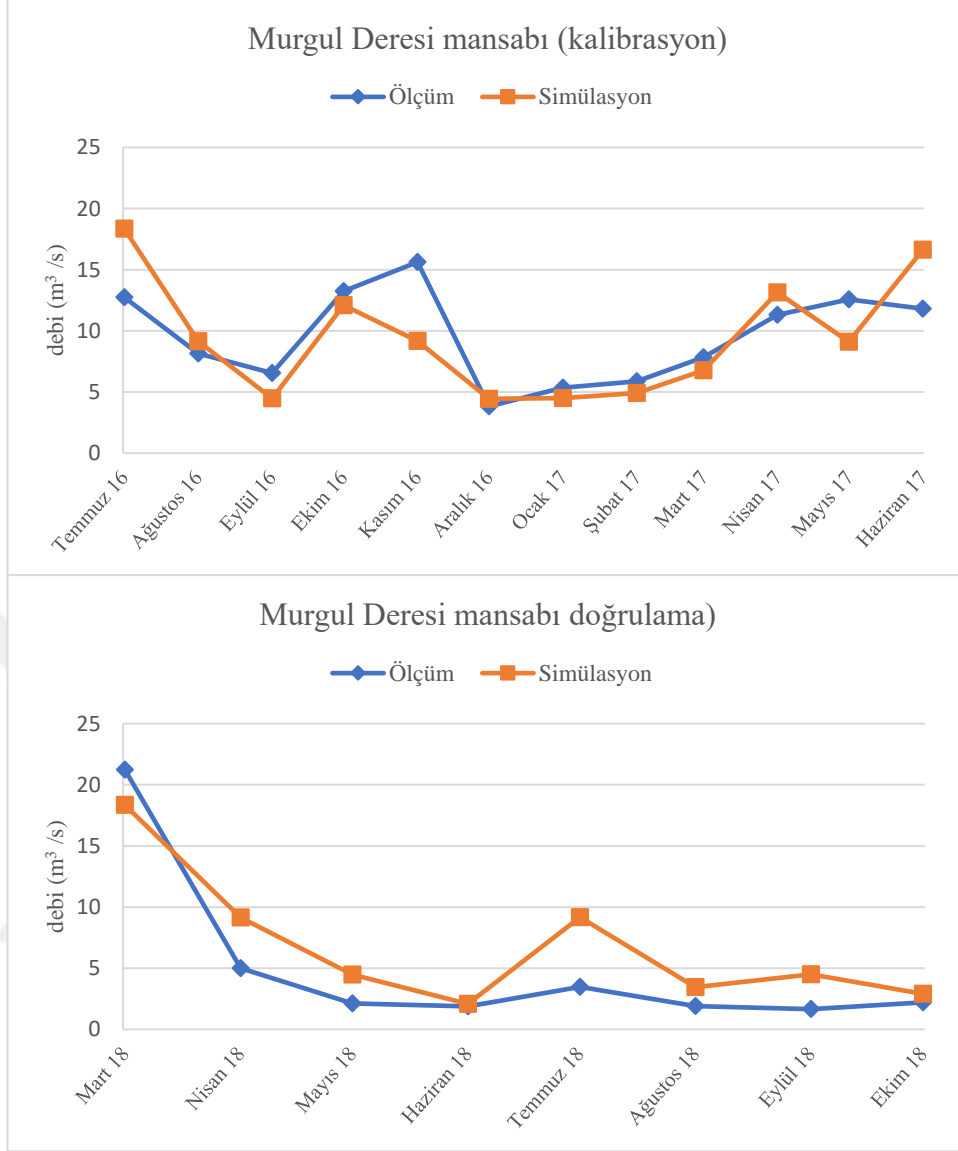
kalibrasyon sürecinde R^2 katsayısı 0.74, NSE değeri 0.8, PBIAS değeri -19.1 ve doğrulama sürecinde R^2 katsayısı 0.35, NSE değeri 0.4 ve PBIAS değeri 62.4 bulunmuştur (Özcan, 2016). Hindistan’da Lolab Havzası’nda yapılan bir çalışmada yüzeysel akış ve sediment verimi SWAT ile modellenmiş ve 1993-2000 yılları arası kalibre edilen ve 2001-2004 yılları arası doğrulaması yapılan modelin performans istatistiklerine göre iyi bir uyum yakaladığı belirtilmiştir. Buna göre kalibrasyon sürecinde R^2 katsayısı 0.74, NSE değeri 0.68 iken doğrulama sürecinde bu değerler sırasıyla 0.85, 0.83 bulunmuştur (Gull ve ark., 2017).

Tablo 35. Dere akışı parametresine ait kalibrasyon ve doğrulama çıktılarının performans istatistikleri

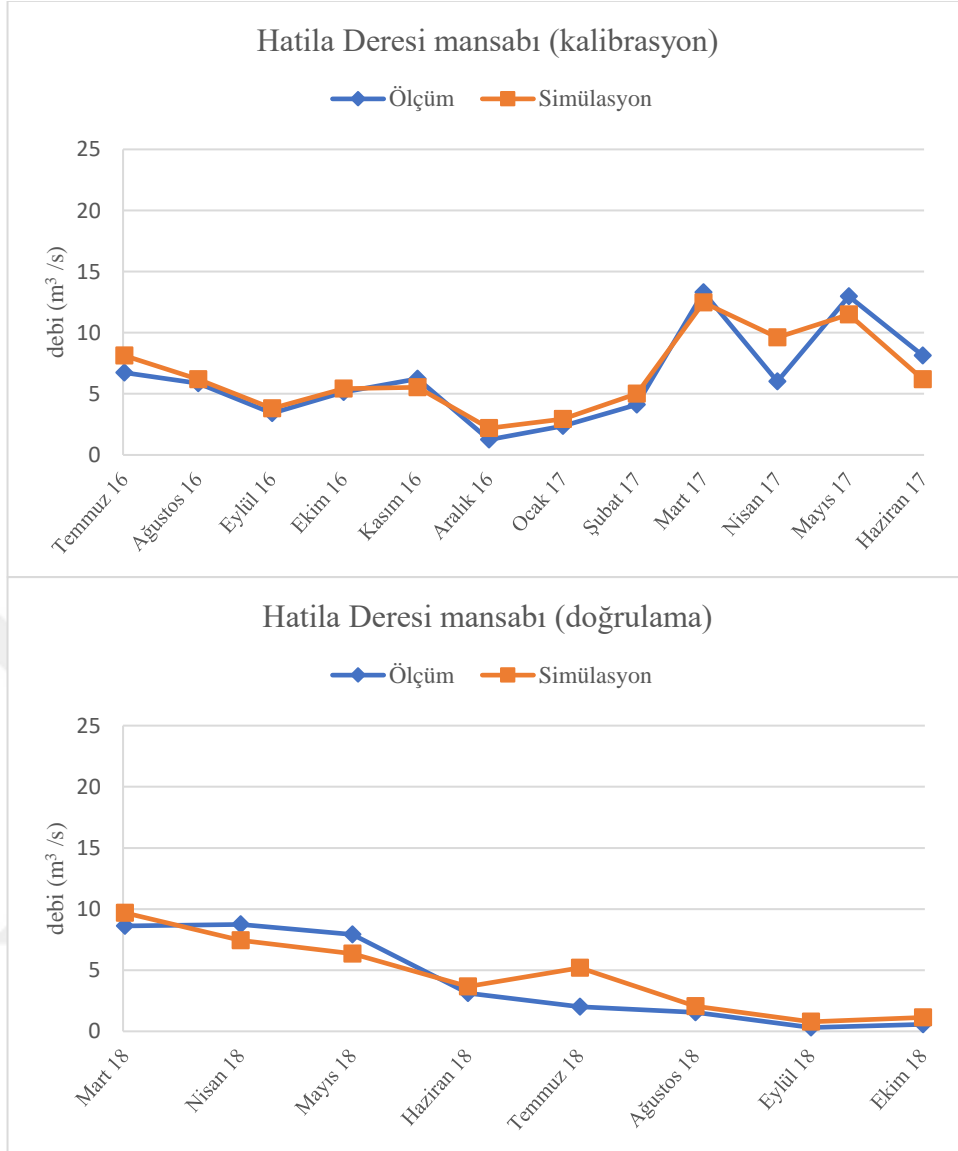
Murgul Deresi Havzası					
Örnekleme Noktası/Performans İstatistikleri			R^2	NSE	PBIAS
kalibrasyon	M20	Murgul Deresi mansabı	0.53	0.22	1.91
doğrulama	M20	Murgul Deresi mansabı	0.86	0.76	-37.1
Hatila Deresi Havzası					
Örnekleme Noktası/Performans İstatistikleri			R^2	NSE	PBIAS
kalibrasyon	H3	Hatila deresi mansabı	0.85	0.84	-4.54
doğrulama	H3	Hatila deresi mansabı	0.85	0.83	-10.66
Fabrika Deresi Havzası					
Örnekleme Noktası/Performans İstatistikleri			R^2	NSE	PBIAS
kalibrasyon	F7	Fabrika deresi mansabı	0.85	0.85	0.64
doğrulama	F7	Fabrika deresi mansabı	0.89	0.88	-4.79
Godrahav Deresi Havzası					
Örnekleme Noktası/Performans İstatistikleri			R^2	NSE	PBIAS
kalibrasyon	G5	Godrahav deresi mansabı	0.78	0.72	12.7
doğrulama	G5	Godrahav deresi mansabı	0.91	0.84	-18.94

Tablo 36. SWAT modeline göre tahmin edilen yıllık ortalama yüzeysel akış miktarı

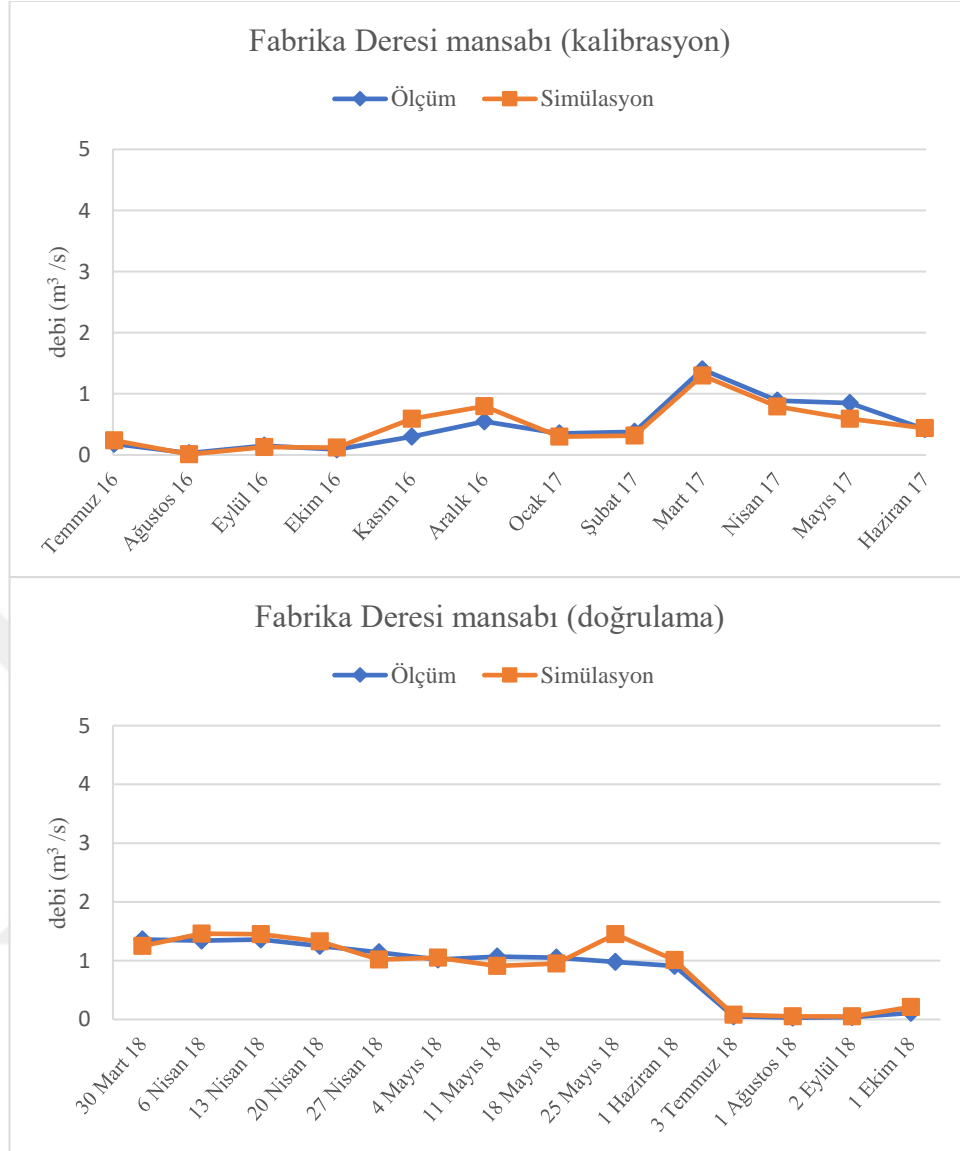
Havzalar	Yıllık ortalama akış
Murgul Deresi Havzası	2.41 m ³ /s
Hatila Deresi Havzası	2.27 m ³ /s
Fabrika Deresi Havzası	0.19 m ³ /s
Godrahav Deresi Havzası	0.43 m ³ /s



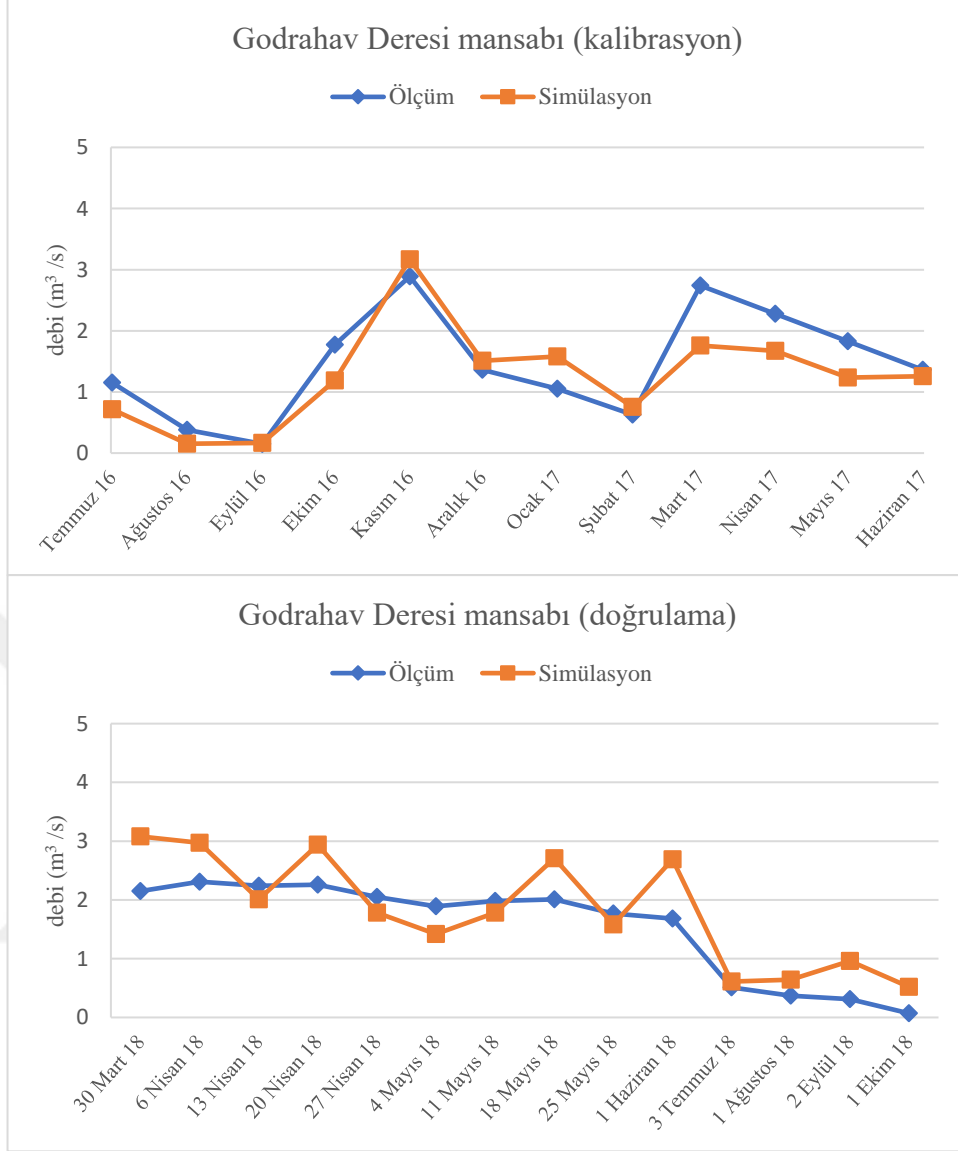
Şekil 59. Murgul Deresi Havzası dere akışının ölçüm ve simülasyon değerleri



Şekil 60. Hatila Deresi Havzası dere akışının ölçüm ve simülasyon değerleri



Şekil 61. Fabrika Deresi Havzası dere akışının ölçüm ve simülasyon değerleri



Şekil 62. Godrahav Deresi Havzası dere akışının ölçüm ve simülasyon değerleri

3.4.4.2. Sediment Verimi

SWAT modelinin alt havzalarda tahmin edebildiği en önemli parametre çıktılarından birisi de sediment verimidir. Çalışma alanının sediment verimine ait performans istatistikleri Tablo 37’de, yıllık sediment verimi çıktıları Tablo 38’de, havzaların kalibrasyon ve doğrulama periyodunda ölçülen ve tahmin edilen sonuçlara ait grafikler ise MDH, HDH, FDH ve GDH için sırasıyla Şekil 63, Şekil 64, Şekil 65 ve Şekil 66’de gösterilmiştir. Çalışma alanı sediment verimi bakımından genel olarak değerlendirildiğinde, modelin tahmin verilerinin gerçek gözlem değerlerinden daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Sonuçlar performans istatistiklerine göre değerlendirildiğinde MDH dışında genel olarak anlamlı veriler elde edilmiştir.

MDH sediment verimine göre incelendiğinde kalibrasyonun yapıldığı mansap kısmında R^2 0.85 ile oldukça iyi bir seviyede anlamlı bulunurken NSE ve PBIAS katsayısı için anlamlı sonuçlar elde edilememiştir. Modelin doğrulanmasında da R^2 0.84 ve NSE ve PBIAS katsayısı yine anlamlı sayılabilecek aralığın dışında kalarak kalibrasyon ile benzer bir durum söz konusudur (Tablo 37). Daha önce de belirtildiği üzere modelin MDH için genelde başarısız sonuçlar vermesinin en büyük nedeni özellikle dere üzerinde çoklu halde kurulan NT-HES tesislerinin su kaynakları açısından ortaya çıkardıkları olumsuz etkiler olarak gösterilebilir. Havzada mambadan mansaba kadar dere suyunun büyük bir kısmı açık veya kapalı tünellerle NT-HES’lerin iletim hatlarında taşınmaktadır. İletim hatlarıyla alınan su cebri borularla salınmadan önce yükleme havuzlarında biriktirilmektedir. Bu havuzlarda durgun halde bekleyen sudaki askıda sedimentin önemli bir kısmı çökmektedir. Bu durum mambadan mansaba kadar birbiri ardına kurulu 6 adet NT-HES tesisinde tekrarlanınca havzadan alınan örnekler gerçek sonuçları yansıtmamaktadır. Bu durumda ise model gerçek ölçüm değerlerinden daha yüksek tahminlerde bulunduğundan başarı elde edilememiştir. NT-HES tesislerinin etkisi göz ardı edilerek bakıldığında modelin tahminlerine göre MDH’den rezervuara yıllık ortalama 61855 ton sediment ulaşacağı hesaplanmıştır (Tablo 38).

HDH’ye bakıldığında kalibrasyondaki performans istatistik göstergelerinden R^2 0.82 ve PBIAS -33.17 ile anlamlı değerler elde edilirken modelin tahmin kapasitesini ifaden eden NSE katsayısı ise -0.33 kabul edilebilir sınırların dışında kalmıştır. Buna karşılık doğrulama aşamasında ise R^2 0.94, NSE 0.78 ve PBIAS katsayısı -51.27 ile model

başarılı bir şekilde çalışmıştır (Tablo 37). Bu durumdaki kalibrasyon çalışmalarına göre havzanın sediment verimi yıllık ortalama 29826 ton ve yıllık hektar başına düşen ortalaması ise 1.28 ton/ha/yıl'dır (Tablo 38). HDH'nin büyük bir bölümü milli parktır ve bu nedenle içerisinde arıcılık gibi faaliyetlerin dışında insan kaynaklı faaliyetler bulunmamaktadır. Havza genel olarak yüksek eğimli olmasına rağmen ormanlık alan fazla olduğundan yüzeysel akışla meydana gelen erozyon da benzer eğimli alanlara göre daha az olmaktadır.

FDH'nda ise kalibrasyon aşaması başarılı olmuştur ve sonuçlar anlamlı düzeydedir (R^2 0.82, NSE 0.77 ve PBIAS katsayısı -17.66). Doğrulama aşamasında modelden yine anlamlı sonuçlar (R^2 0.93, NSE 0.82 ve PBIAS katsayısı -33.86) elde edilmiştir (Tablo 37). Diğer alt havzalara kıyasla daha fazla şehirleşme ve tarım alanları gibi farklı arazi kullanımlarına sahip olmasına karşın, FDH'nda elde edilen bu yüksek kalibrasyon ve doğrulama oranları, SWAT'ın bu tip havzalara da güvenilir bir şekilde uygulanabileceğini göstermesi açısından önemlidir. Bu durumdaki sonuçlara göre havzanın mansabına yıllık ortalama 3165 ton/yıl sediment taşınacağı tahmin edilmiştir (Tablo 38).

GDH'de kalibrasyon ve doğrulama aşamalarında model sonuçları R^2 için (kalibrasyonda 0.71, doğrulamada 0.88) başarılıdır, ancak diğer ölçüt parametreler açısından kabul edilebilir aralığın dışındadır. PBIAS katsayısına bakıldığında (kalibrasyonda -77.15, doğrulamada -124.57) modelin gerçek ölçüm değerlerinin daha üstünde sonuçlar verdiği görülmektedir (Tablo 37). Bu durumdaki sonuçlara göre havzadan mansaba ulaşan yıllık ortalama sediment miktarı 7835 ton/yıl ve havzada hektar başına düşen miktar 1.48 ton/ha/yıl bulunmuştur (Tablo 38). Aynı havzada WEPP kullanılarak yapılan benzer bir çalışmada da sediment miktarı 9854.8 ton/yıl ve hektar başına düşen miktar 1.86 ton/ha/yıl bulunmuştur (Özalp ve ark., 2017). GDH özellikle orta ve aşağı kısımlarında insan faaliyetlerinin (tarım ve yerleşim) özellikle HDH'na kıyasla daha yoğun olduğu bir havzadır. Tarım alanları diğer havzalara göre daha fazladır ve yerleşim alanları havza içerisinde dağınık olarak bulunmaktadır. Daha çok vadi tabanında bulunan tarım alanları ve ulaşım yollarının mevsimsel taşkın risklerinden korunması amacıyla havzada dere kenarı istinat duvarları ve taşkın bentleri bulunmaktadır. Dere üzerindeki bu tür çalışmalar dere boyunca doğal yollarla taşınan sedimentin dereye ulaşmasını engellemektedir.

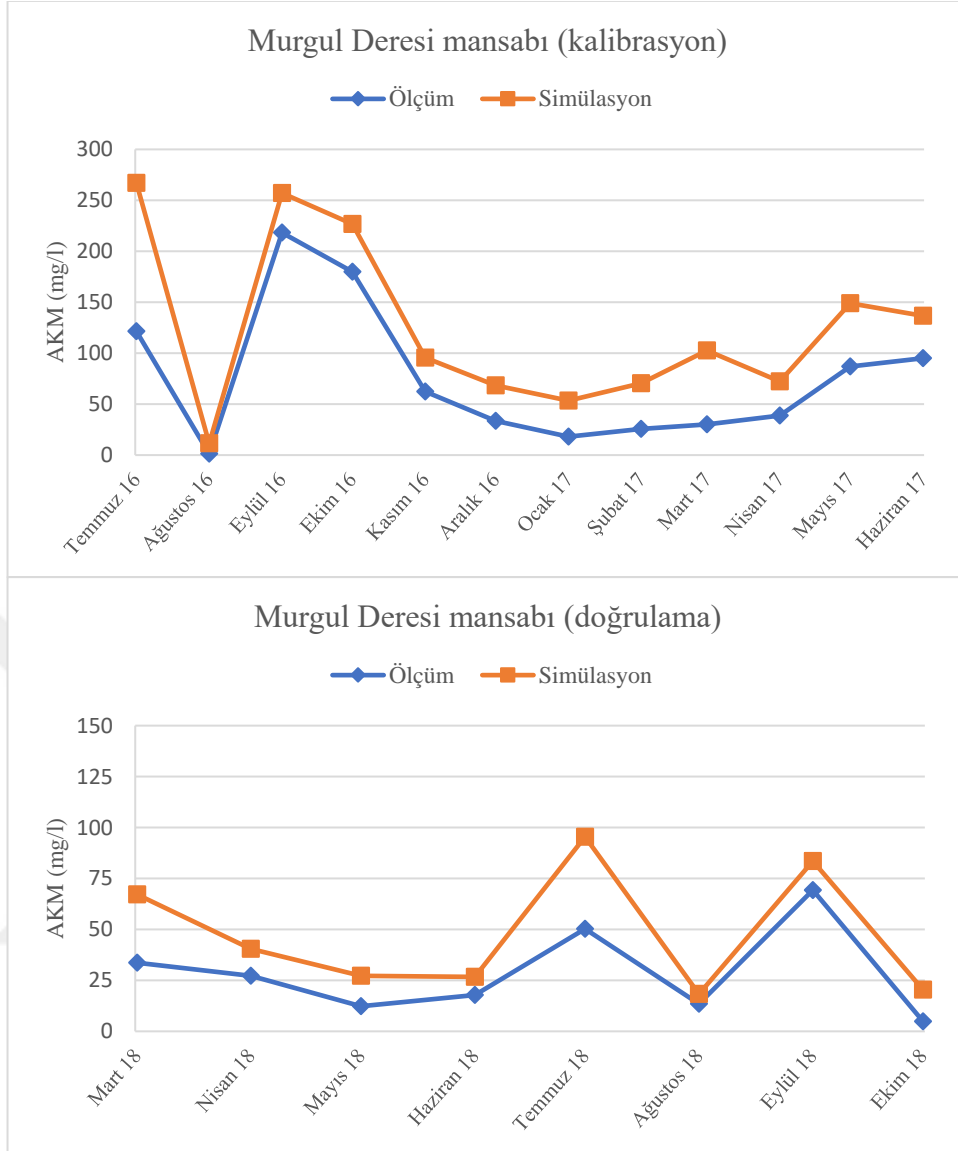
Literatürde benzer çalışmalara bakıldığında Ankara Çayı Havzası’da akış ve sedimentin modellendiği bir çalışmada 3 yıllık gözlem sürecinde günlük akış verisi ve aylık sediment verisi kullanılmıştır. Kalibrasyonda R^2 0.93 ve NSE katsayısı 0.81 bulunmuştur. Model tahmin sonuçlarına göre yıllık ortalama sediment miktarı 0.19 ton/ha/yıl olarak elde edilmiştir (Duru ve ark., 2017). Başka bir çalışmada Fas’ın kuzeyinde yer alan Kalaya Havzası’nda sediment verimi SWAT kullanılarak modellenmiştir. Kalibrasyon çalışmalarında NSE 0.69 ve PBIAS 7.12, doğrulama çalışmalarında ise NSE 0.70 ve PBIAS 15.51 olarak elde edilmiştir. Yıllık ortalama sediment verimi 55 ton/ha/yıl hesaplanmıştır (Briak ve ark., 2016).

Tablo 37. Sediment verimi kalibrasyon ve doğrulama çıktılarının performans istatistikleri

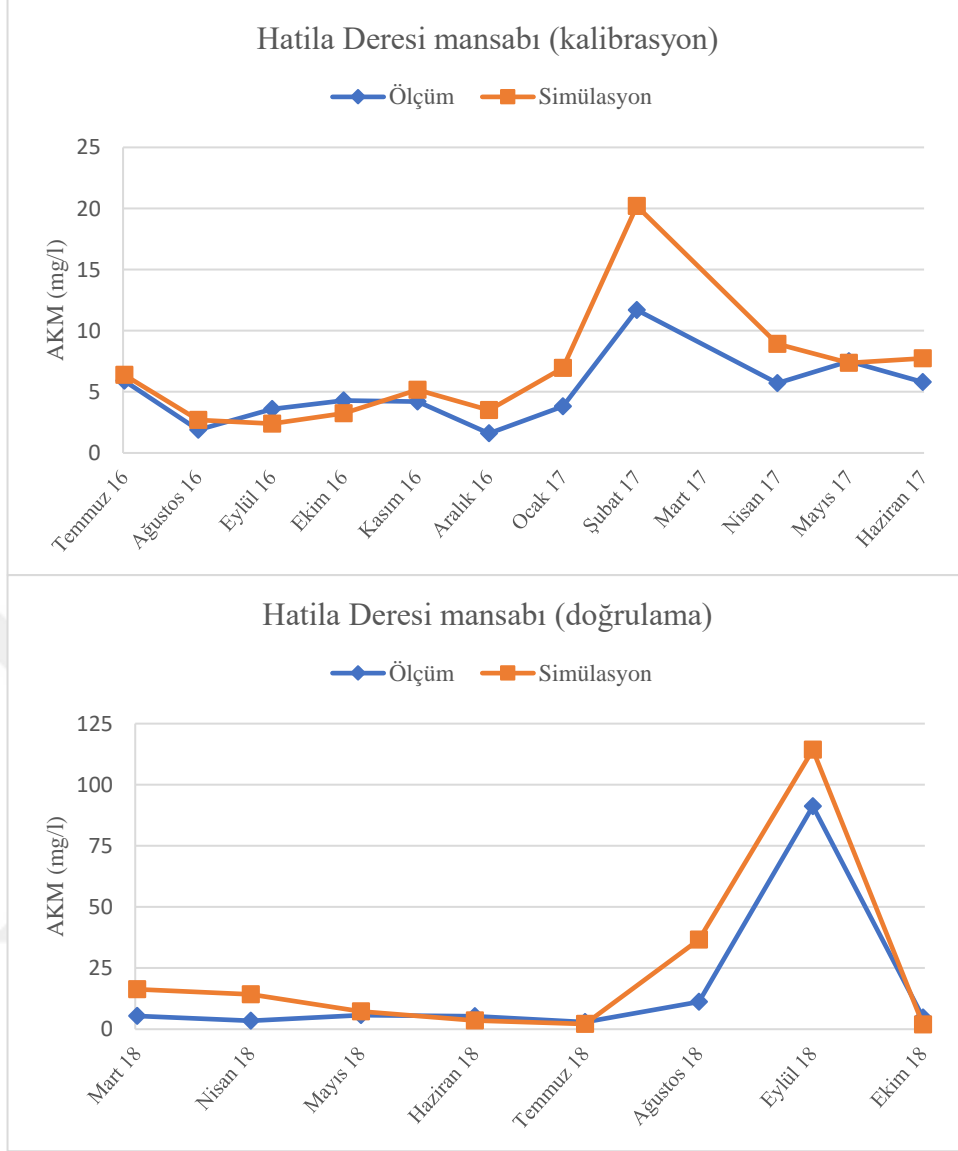
Murgul Deresi Havzası					
	Örnekleme Noktası/Performans İstatistikleri		R²	NSE	PBIAS
kalibrasyon	M20	Murgul Deresi mansabı	0.85	0.16	-65.82
doğrulama	M20	Murgul Deresi mansabı	0.84	-0.23	-65.53
Hatila Deresi Havzası					
	Örnekleme Noktası/Performans İstatistikleri		R²	NSE	PBIAS
kalibrasyon	H3	Hatila deresi mansabı	0.82	-0.33	-33.17
doğrulama	H3	Hatila deresi mansabı	0.94	0.78	-51.27
Fabrika Deresi Havzası					
	Örnekleme Noktası/Performans İstatistikleri		R²	NSE	PBIAS
kalibrasyon	F7	Fabrika deresi mansabı	0.82	0.77	-17.66
doğrulama	F7	Fabrika deresi mansabı	0.93	0.82	-33.86
Godrahav Deresi Havzası					
	Örnekleme Noktası/Performans İstatistikleri		R²	NSE	PBIAS
kalibrasyon	G5	Godrahav deresi mansabı	0.71	0.07	-77.15
doğrulama	G5	Godrahav deresi mansabı	0.88	-0.89	-124.57

Tablo 38. SWAT modeli simülasyonuna göre tahmin edilen yıllık sediment verimi

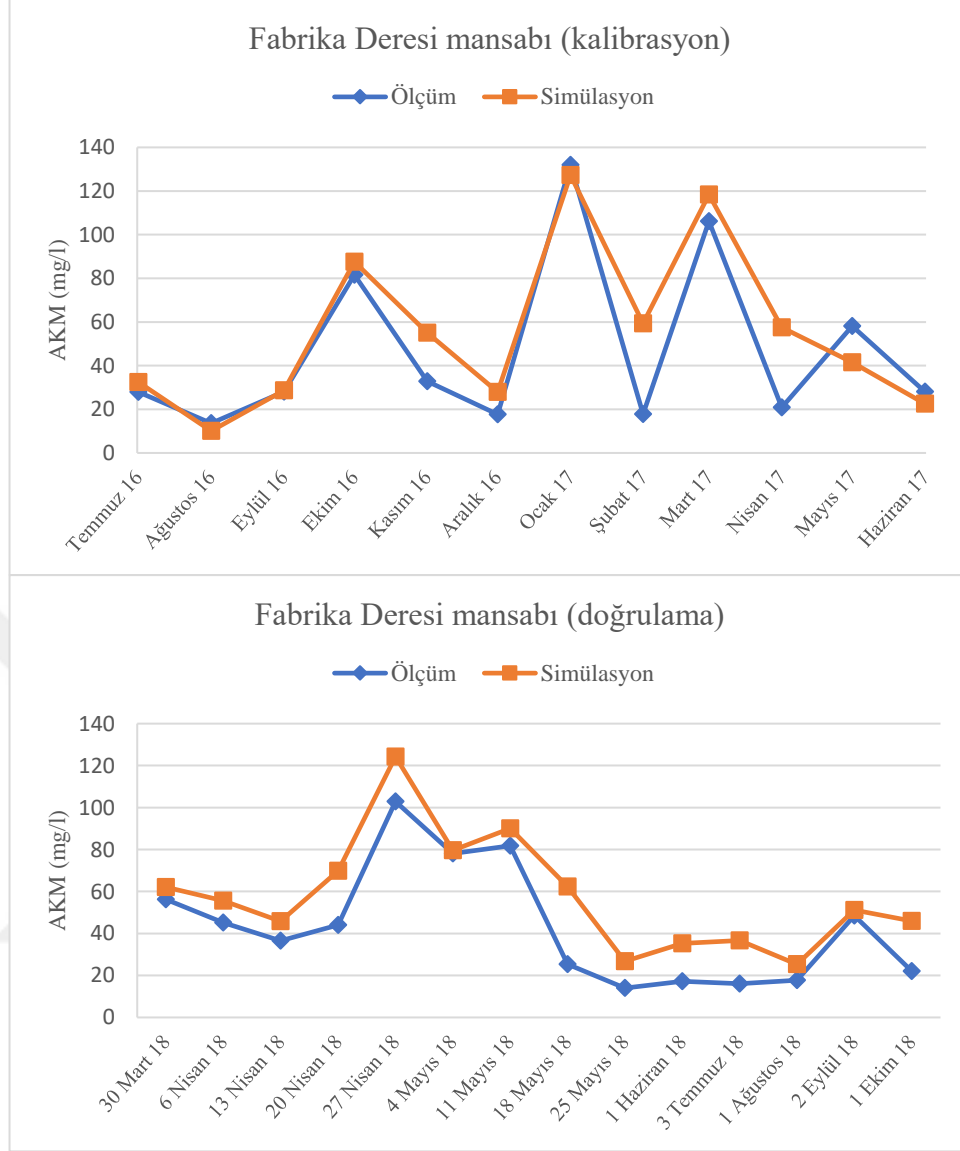
	sediment miktarı	
	ton/yıl	ton/ha/yıl
Murgul Deresi Havzası	61855	1.77
Hatila Deresi Havzası	29826	1.28
Fabrika Deresi Havzası	3165	1.32
Godrahav Deresi Havzası	7835	1.48



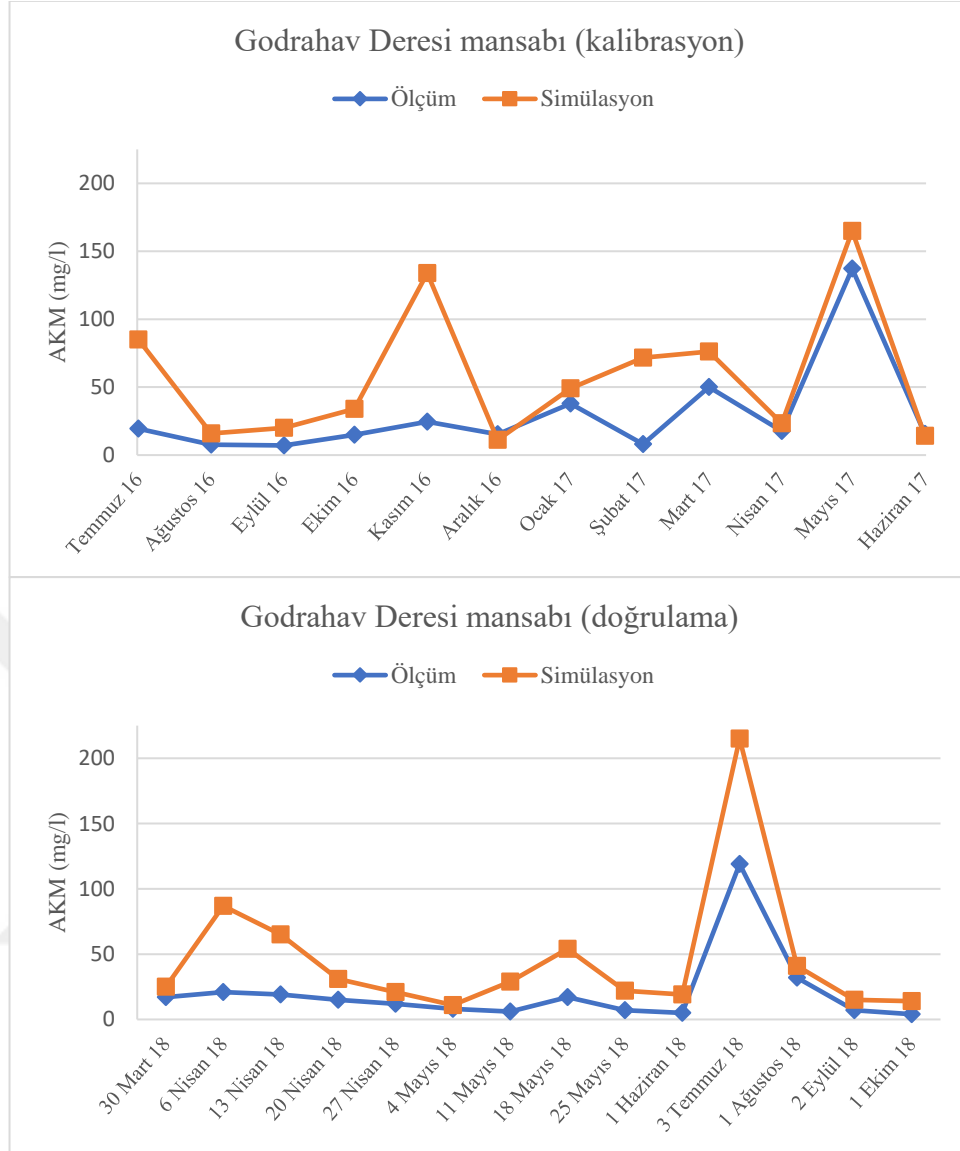
Şekil 63. Murgul Deresi Havzası sediment veriminin ölçüm ve simülasyon değerleri



Şekil 64. Hatila Deresi Havzası sediment veriminin ölçüm ve simülasyon değerleri



Şekil 65. Fabrika Deresi Havzası sediment veriminin ölçüm ve simülasyon değerleri



Şekil 66. Godrahav Deresi Havzası sediment veriminin ölçüm ve simülasyon değerleri

3.4.4.3. Su Kalitesi Parametreleri

Su kalitesi parametreleri arasından SWAT modelinde simüle edilebilen sadece Nitrat (NO_3) değerleri olmuştur. Toplam azotun analizi için çalışmadaki ölçüm periyodu Aralık-2016 ayından itibaren başlamıştır. Bu nedenle de veri seti düşük bir sayıda kalmış ki bu durum kalibrasyon işlemleri bakımından en büyük dezavantaj olarak karşımıza çıkmıştır. Dolayısı ile SWAT modelinin uygulanabilirliği ve bununla bağlantılı olarak da güvenilirliğini doğrudan etkilemektedir.

Su kalitesi parametrelerinden nitratın kalibrasyon ve doğrulama işlemlerine ait performans istatistikleri Tablo 39’de, parametre sonuçlarının havzalara göre yükleri Tablo 40’de, ölçüm ve simülasyon değerlerinin grafikleri ise Şekil 67-70’de verilmiştir. NO_3 için kalibrasyon çalışmaları 8 veri seti ile ve doğrulama çalışmaları Murgul ve Hatila Deresi havzaları için 8, Godrahav ve Fabrika Havzaları için 14 veri seti ile gerçekleştirilmiştir. Nitrat (NO_3) ölçümleri arazide yersel olarak ölçülmüştür ancak nitrat probunun beklenmedik şekilde arızalanması ve temin sürecinin gereğinden daha uzun sürmesi nedeniyle Aralık-2016 ile Mart-2017 arası ölçüm yapılamamıştır.

Tablo 39’da da görüldüğü üzere model sonuçlarına göre belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesini ifade eden NSE katsayısı ve yüzde hata istatistiği olan PBIAS katsayısı tüm havzalar için anlamlı düzeydedir. Tahmin sonuçlarına göre MDH’de yıllık ortalama nitrat (NO_3) yükü 1423 kg/yıl olarak bulunmuştur. HDH’de havza çıkışına ulaşan NO_3 yükü 12133 kg/yıl, FDH ve GDH’nda da sırası ile 1747 kg/yıl ve 3236 kg/yıl’dır.

Benzer bir çalışmada (Özcan ve ark., 2017), Ankara ilinin Gölbaşı ilçesinde yer alan Mogan Gölü Havzası’nda yayılı kirliliğin taşınımı SWAT model uygulanarak belirlenmeye çalışılmıştır. Yarı kurak bölgede bulunan havzanın 970 km² alana sahip olduğu ve havzanın hemen yarısının tarımsal alan olduğu belirtilmektedir. Bu çalışmada da en büyük kısıtın veri setinin az olmasından kaynaklandığı belirtilmektedir. Bu nedenle kalibrasyon ve doğrulama farklı havzalarda aynı zaman periyodunda gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon çalışmalarında NO_3 ve TN için veri setinin az olmasından R^2 hesaplanamamıştır. NSE ve PBIAS katsayıları NO_3 için sırasıyla -0.2, 37.9 ve TN için sırasıyla 0.64, 11.7’dir. Bu sonuçlara göre

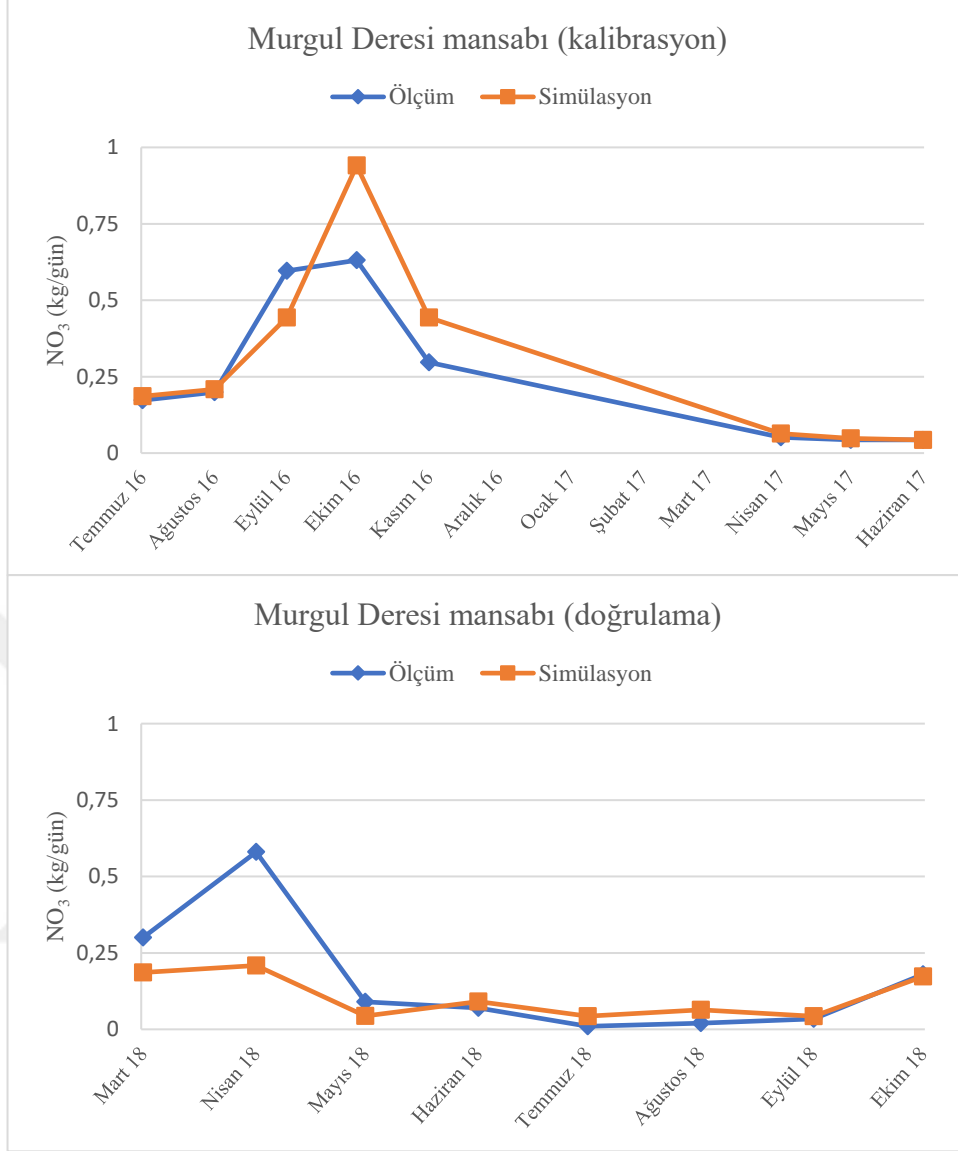
kalibrasyonun yapıldığı 9232.7 ha'lık havzadan taşınan NO₃ ve TN miktarlarının 514.9 ve 55.3 olduğu belirtilmektedir. Uygulanan modelin başarı kriterleri kabul edilebilir aralığın dışında olsa da sonuçların spesifik konularda fikir verebileceği belirtilmektedir.

Tablo 39. Su kalitesi parametrelerinin kalibrasyon ve doğrulama çıktılarının performans istatistikleri

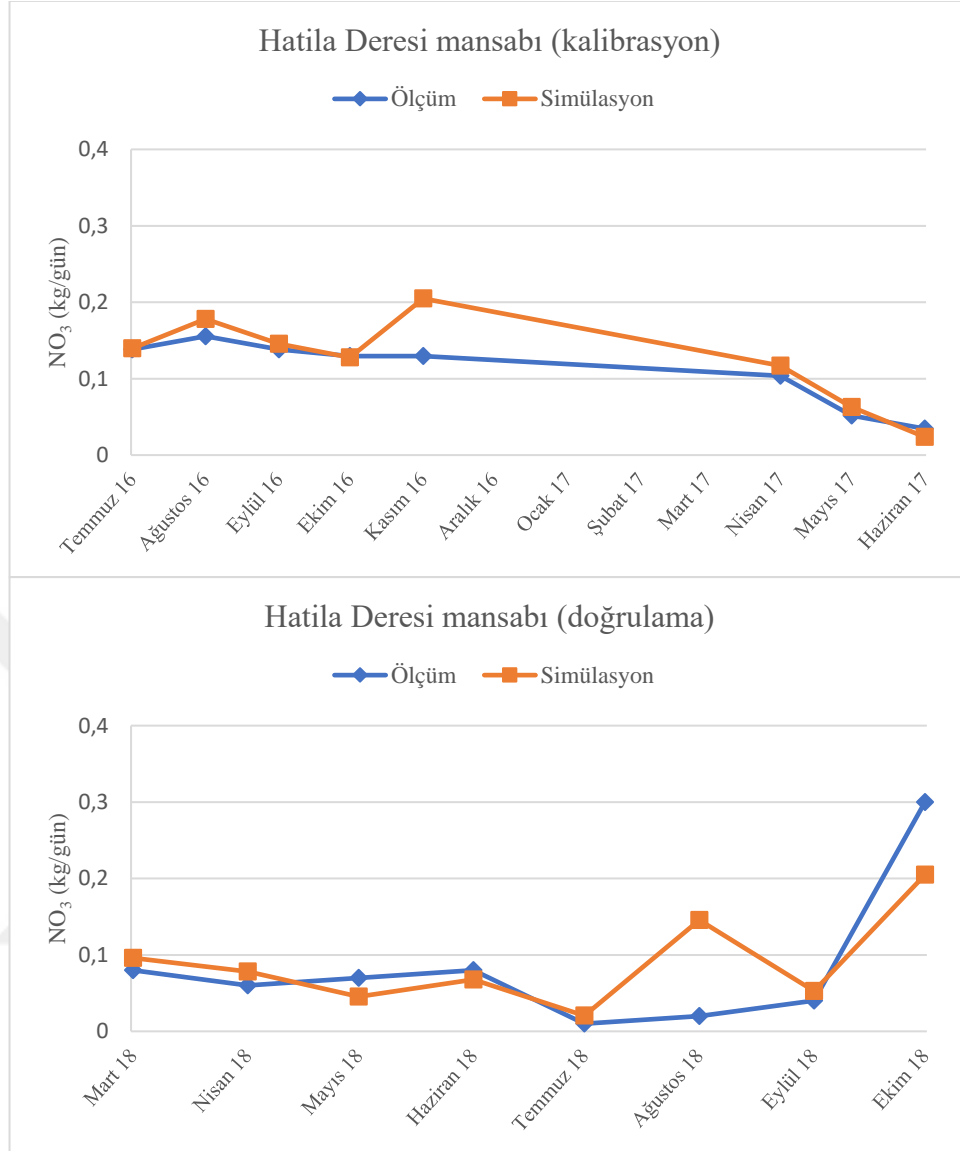
Murgul Deresi Havzası					
NO₃					
	Örnekleme Noktası/Performans İstatistikleri		R ²	NSE	PBIAS
kalibrasyon	M20	Murgul Deresi mansabı	0.82	0.65	-16.91
doğrulama	M20	Murgul Deresi mansabı	0.83	0.55	33.68
Hatila Deresi Havzası					
NO₃					
	Örnekleme Noktası/Performans İstatistikleri		R ²	NSE	PBIAS
kalibrasyon	H3	Hatila deresi mansabı	0.82	0.51	-13.45
doğrulama	H3	Hatila deresi mansabı	0.79	0.76	-1.22
Fabrika Deresi Havzası					
NO₃					
	Örnekleme Noktası/Performans İstatistikleri		R ²	NSE	PBIAS
kalibrasyon	F7	Fabrika deresi mansabı	0.82	0.75	-8.93
doğrulama	F7	Fabrika deresi mansabı	0.88	0.63	-17.31
Godrahav Deresi Havzası					
NO₃					
	Örnekleme Noktası/Performans İstatistikleri		R ²	NSE	PBIAS
kalibrasyon	G5	Godrahav deresi mansabı	0.83	0.74	-16.76
doğrulama	G5	Godrahav deresi mansabı	0.83	0.60	-31.95

Tablo 40. SWAT modeli simülasyonuna göre tahmin edilen yıllık NO₃ verimi

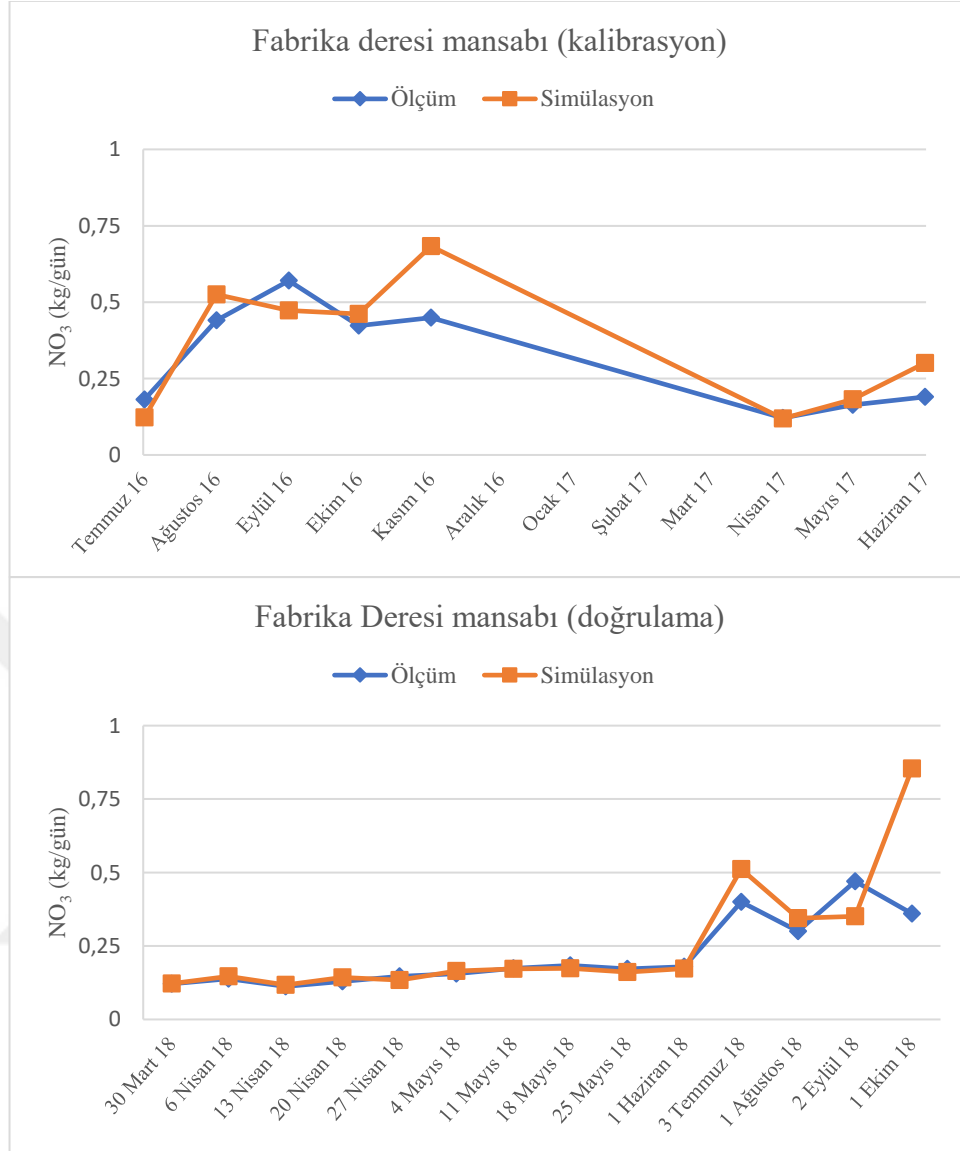
	<i>NO₃</i> <i>kg/yıl</i>	<i>NO₃</i> <i>kg/ha/yıl</i>
Murgul Deresi Havzası	1423	0.041
Hatila Deresi Havzası	12133	0.523
Fabrika Deresi Havzası	1747	0.732
Godrahav Deresi Havzası	3236	0.612



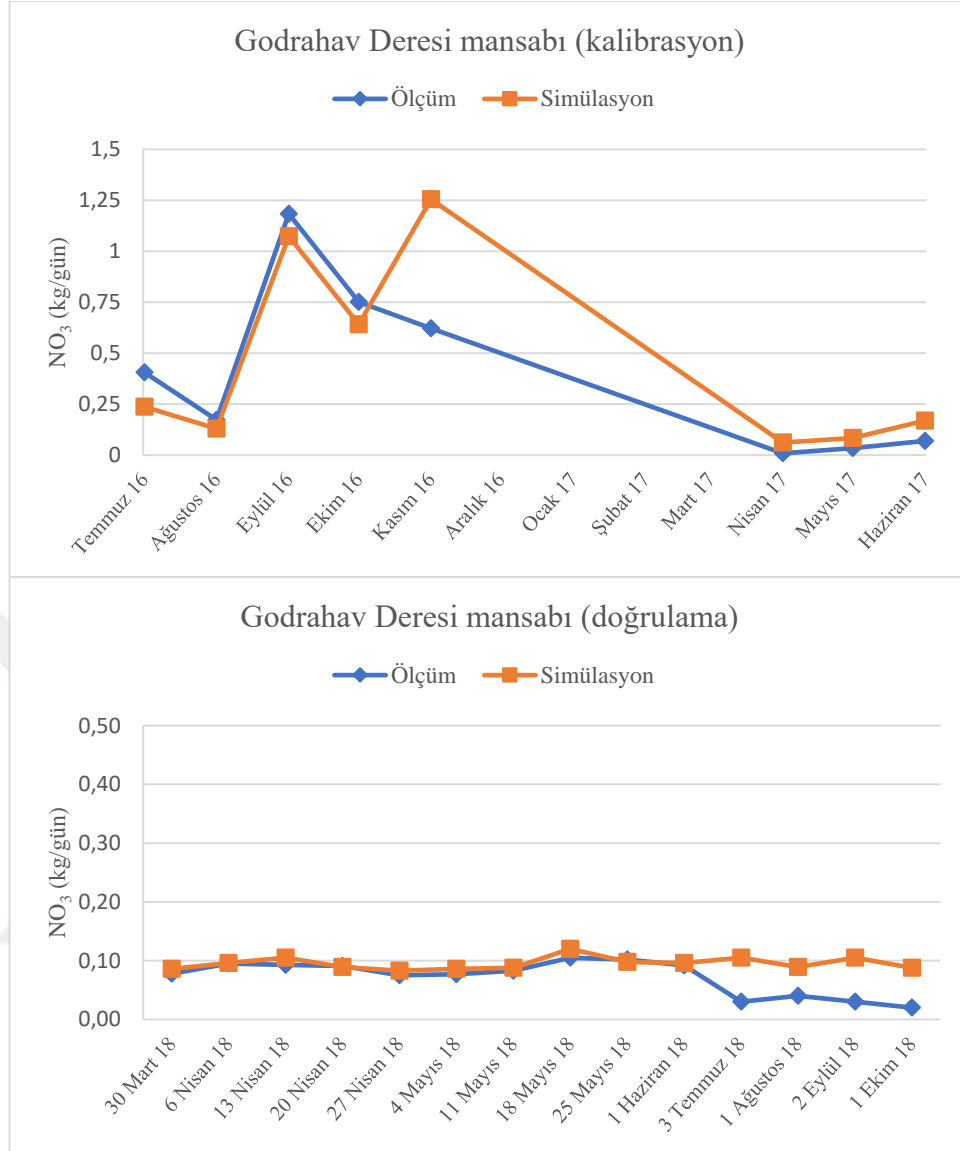
Şekil 67. Murgul Deresi Havzası NO₃ yükünün ölçüm ve simülasyon değerleri



Şekil 68. Hatila Deresi Havzası NO₃ yükünün ölçüm ve simülasyon değerleri



Şekil 69. Fabrika Deresi Havzası NO₃ yükünün ölçüm ve simülasyon değerleri



Şekil 70. Godrahav Deresi Havzası NO₃ yükünün ölçüm ve simülasyon değerleri

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma ile Borçka Barajı Havzası'ndaki 4 alt havzanın (Murgul, Hatila, Fabrika ve Godrahav Deresi Havzaları) su rejimi ve kalitesi ile bu sulara taşınan askıda katı madde miktarının güncel durumu yersel ölçümler yardımı ile belirlenmiştir. Bunun yanında, bir tahmin modeli olan SWAT programı ve CBS teknikleri kullanarak bu 4 alt havzadaki su rejimi, su kalitesi parametreleri ve sediment veriminin modellenmesi de bu araştırmada yer alan bir diğer amaç olarak belirlenmiştir.

Su kalitesi parametrelerinin ölçüm sonuçları YSKY'ye (Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği) göre değerlendirilmiştir. Değerlendirmedeki her bir parametrenin yıllık ortalaması alt havzalara göre değerlendirildiğinde amonyum azotu (NH₄-N) II. SINIF, diğer parametreler ise I.SINIF su kalitesi sınıfına girmektedir. Ancak aylık bazda irdelendiğinde, özellikle madencilik ve sondaj çalışmalarının, yeni yol yapımlarının, NT-HES tesislerinin yoğunlukla yer aldığı Murgul Deresi Havzası ile şehirleşmenin ve kısmen de tarımsal faaliyetlerin yer aldığı Fabrika Deresi Havzası'nda bazı aylarda ve noktalarda bazı su kalitesi parametrelerinin YSKY'da belirtilen I.SINIF su kalitesi parametre sınırlarını aştığı görülmüştür.

Havzalarda yapılan insan müdahaleleri derelerdeki doğal akışın rejimi ve miktarını, suyun kalitesini ve akarsularda taşınan askıda sediment miktarını ciddi anlamda değiştirmektedir. Benzer şekilde, bu çalışmada da, özellikle MDH'nda SWAT modelinin tatmin edici sonuçlar verememesinde veri azlığının yanı sıra havzanın üzerinde kurulan çoklu NT-HES'lerin etkisi olduğu kanıtlanmıştır. Diğer bir ifade ile havzada membadan mansaba kadar büyük bir kısmı açık veya kapalı tünellerle NT-HES'lerin iletim hatlarında taşınan ve cebri borularla santrale salınmadan önce yükleme havuzlarında durgun halde bekletilen dere suyundaki askıda sedimentin önemli bir kısmı çöklediğinden hem suyun rejimi hem de taşıdığı sediment miktarı doğal halinden ciddi anlamda farklılık göstermektedir. Bu durum membadan mansaba kadar birbiri ardına kurulu 6 adet NT-HES tesisinde tekrarlanınca havzadan alınan örnekler gerçek sonuçları yansıtmamaktadır. Bu durumda ise model gerçek ölçüm değerlerinden doğal olarak daha yüksek tahminlerde bulunduğundan başarı elde

edilememiştir. Buradan yola çıkarak, dere üzerine yapılan HES tesislerinin derenin doğal akışında taşıdığı sediment miktarını ciddi oranda düşürdüğü ve dolayısı ile dere ekosisteminde bu sediment miktarına bağlı olan mekanizmayı sekteye uğrattığı sonucu çıkarılabilir.

Bu araştırma kapsamında gerçekleştirilen bir diğer çalışma ise SWAT modelinin Borçka Barajı Havzasına uygulanarak daha önce yersel ölçümler ile belirlenen su kalitesi, su rejimi ve askıda katı madde miktarlarının tahmin edilmesidir. Modelin yapmış olduğu tahminlerden yola çıkarak farklı arazi kullanım şekillerine sahip Borçka Barajı Havzasında çeşitli senaryolar türeterek ölçülen parametreler hakkında ileriye dönük projeksiyonlar (simulasyon) yapabildiği sağlanmıştır. Bu özellik sayesinde; araştırma sahası olarak seçilen havzaların özellikle yukarı bölümlerinde sürdürülen ve/veya planlanan madencilik faaliyetleri, yol ağlarının artırılması, ormanlık alanlara doğru gelişen plansız yapılaşma, yeni rekreasyonel faaliyet tesislerinin (örn: kayak, yaylacılık vb.) açılması, nüfus artışı/azalışı, arazi kullanım değişimi, silvikültürel müdahaleler, kirlenici kaynakların ortaya çıkması, vb. insan kaynaklı müdahalelerin her bir havzadaki su kalitesi ve toprak erozyonu/sediment verimi üzerindeki olası etkilerinin ortaya konulmasında önemli bir altlık oluşturulmuştur.

Baraj rezervuarı, göl, gölet gibi su ortamlarının en önemli tehdit faktörlerinden biri bu ortamları besleyen akarsuların taşıdığı sediment miktarıdır. Çalışma alanında ölçümlerin yapıldığı alt havzaların mansabında Borçka Baraj gölünün olması sebebiyle sediment taşınımının fazla olması baraj rezervuarının zamanla dolmasına, kirlenmesine, hacim kaybına ve ekonomik ömrünün azalmasına sebep olmaktadır. Oluşturulan model yardımıyla rezervuara ulaşan sediment miktarı alt havzalara göre ayrı ayrı belirlenmiştir. Buna göre SWAT modelinin tahmin verilerine göre çalışma alanındaki alt havzalardan Borçka Barajı Rezervuarına MDH'den 61855, HDH'den 29826, FDH'den 3165 ve GDH'den 7835 ton/yıl ortalama sediment taşınmaktadır. Elde edilen bu veriler sayesinde rezervuarın depolama kapasitesini korumaya yönelik tedbirlerin alt havzalara göre ortaya konulmasında ve kaynakların sürdürülebilir kullanımı ve yönetimine yönelik planlamaların yapılmasında da önemli bir veri seti oluşturulduğu söylenebilir.

Çalışmadaki SWAT modeli sonuçları dikkate alındığında, modelin tahmin kapasitesini arttırmak, gerçeğe daha yakın sonuçlar alabilmek için daha detaylı ve uzun dönemli verilere ihtiyaç duyulduğu ortaya çıkmıştır. Veri eksikliğinin modelleme çalışmalarında en büyük kısıtlamaların başında yer aldığı literatürdeki birçok çalışmada da bildirilmektedir. Bu tür çalışmaların havza yönetimi ve planlamalarının karar destek aşamasında etkin bir araç olarak kullanılabilmesi için havzalarda akım ve sediment gözlem istasyonları ile belirlenecek uzun dönemli ve sürekli verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Böylesine uzun envanter çalışmaları zaman ve maliyet açısından bu çalışmanın dışında kalmaktadır. Bu noktada en büyük rol Devlet Su İşleri (DSİ) ve Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) (mülga EİE) üzerine düşmektedir. Bu kurumlarca yürütülen akım ve sediment verimi çalışmalarının sayısının artırılarak daha çok havzada yürütülmesi ve ihtiyaç duyan kurumlarla (özellikle de üniversiteler ve araştırma merkezleri ile) verilerin paylaşılması ülkemizde havza sorunlarının çözümüne yönelik planlama ve yönetim çalışmaları bakımından önem arz etmektedir.

Modelleme çalışmalarında önemli diğer bir veri kaynağı da meteorolojik verilerdir. Bu verilerin uzun yılları kapsayacak bir envantere dönüştürülmesinin gerekliliği yanı sıra verilerin kalitesi de oldukça önemlidir. Günümüz teknolojisinde artık otomatik meteoroloji istasyonları ile günlük ölçüm yapılmaktadır. Ancak geçmiş yıllarda yapılan ölçümler manuel olarak operatör tarafından ölçülerek kayıt altına alınmaktaydı. Bu tür ölçümlerde, hem eksik verilere (günlük, aylık, yıllık) rastlanmakta hem de ihtiyaç duyulan tüm veri parametreleri (örneğin; solar radyasyon) her istasyonda ölçülemediğinden bütüncül bir veri seti oluşmamaktadır. Ayrıca manuel ölçümlerde operatörden kaynaklı hatalar da söz konusu olabilmektedir. Bu nedenle meteorolojik verilerin kalitesi ve tüm parametrelerin ölçülmesi önemlidir.

Bu tür çalışmalarda noktasal ölçülen verilerin yanı sıra alansal verilerin ölçülmesi ve çözünürlüğü çalışmanın başarısı ile doğrudan ilişkilidir. Bu verilerin başında arazi kullanım ve toprak haritaları yer almaktadır. Arazi kullanım haritası için bu çalışmada uydu görüntüsünün sınıflandırılmasından üretilen harita kullanılmıştır. Uydu görüntüsünün elde edilmesi ve sınıflandırılması maliyet ve zaman bakımından zorluk oluşturabilmektedir. Modelleme çalışmalarının istenilen alanlarda rahatlıkla uygulanabilmesi için arazi kullanım haritası olarak CORINE veya meşçere haritalarının detaylı ve güncel olması oldukça önemlidir. Toprak haritalarında ise

Ülkemizde yaplm ve toprak özelliklerini ifade eden ayrıntılı bir veri tabanı bulunmamaktadır. Mevcut haritalar ise büyük toprak gruplarına göre hazırlandığından bilimsel çalışmalarda kullanılması hata oranı yüksek olan sonuçlar verdiğinden toprak özelliklerini gerektiren her bir münferit çalışmada toprak özellikleri ayrıca çalışılmaktadır. Bu da zaman ve maliyete bağlı olarak çalışmada kullanılacak haritanın çözünürlüğüne (detaylarına) etki etmektedir. Tüm bu nedenlerle toprak özelliklerinin ülke çapında belirlenerek ulusal bir veri tabanının oluşturulması sadece bu tür çalışmalar için değil, birçok bilim dalı, kurum ve kurulu için hem zaman hem de maliyet açısından büyük önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, bu doktora tezi araştırmasında, Borçka Barajı Havzasını oluşturan dört alt havzada suyun rejimi ve kalitesi ile askıda taşınan sediment değerlerine ait güvenilir ve güncel veriler elde edilmiş ve SWAT modelinin uygulanması ile de aynı verilerin daha hızlı bir Şekilde ve uzun dönemli olarak tahmin edilmesine olanak sağlanmıştır. Ayrıca, bu çalışmanın, tüm oruh Nehri Havzasına uyarlanması için ileriki dönemlerde yapılabilcek benzer çalışmalar bağlamında nc bir araştırma olacağı düşünülmektedir.

EKLER

Ek Tablo - 1. Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık sıcaklık değerleri (°C)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
M1	8.1	13.1	12.3	6.2	1.9	*	0.9	*	*	2.7	4.5	5.5
M2	8.2	13.6	12.7	6.3	1.8	*	0.7	*	*	2.4	4.7	5.6
M3	9.4	13.3	13.2	6.6	1.9	*	*	*	*	2.3	5.1	7
M4	10.7	17.2	17.2	10.2	5.1	-0.1	0.2	0.1	2.8	5	7	7.3
M5	9.4	14	13	9.4	3.1	1.1	2.9	0.2	2.2	2.3	5	6.1
M6	11.1	14.5	14.4	8.5	4.7	0.1	0.3	0.2	2.8	3.6	7.3	7.9
M7	10.4	15.4	14.7	8.4	4	0.7	0.5	0.8	3	3.2	6.5	7.3
M8	11.5	17.7	18	10.7	6	0.9	0.9	0.4	3.8	4.7	8.4	9.3
M9	12.6	19.8	21	11.4	7.3	1.6	1.9	0.1	4.7	8.8	8.6	9.5
M10	10.4	14.7	16.2	8.4	4.7	0.9	0.6	0.7	3.2	4.1	6.4	7.6
M11	16.3	23.8	**	15.9	10.1	3.3	2.2	0.6	4.9	9.4	11.6	15.3
M12	12.8	19.4	21.3	11.3	7.8	2.8	3.1	3.6	8.5	9.5	9.5	11.2
M13	16.7	25.1	24.7	15.5	8.9	0.1	-0.1	-0.1	6.1	11.9	14.5	15.2
M14	15.7	22.7	22.2	13	7.7	2.5	1.3	0.6	5.9	9.8	11.3	13.6
M15	14.6	25.1	23.9	13	9.6	3.3	3.4	2.1	7.7	12.8	11	14
M16	14.9	24.9	24.2	12.9	8.4	3.1	2.8	1.6	7.1	11.2	11.3	13.9
M17	14.9	23.8	24	12.5	9	2.8	3.4	2.6	6.9	9.8	11.7	13.4
M18	16.2	25.5	25.9	12.5	9.3	3.1	3.7	2.2	7.9	11	11.7	14.9
M19	14.3	24.4	24	12.4	8.3	3	3.4	1.8	6.8	8.2	9.7	10.8

Ek Tablo – 1 (devamı). Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık sıcaklık değerleri (°C)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
M20	14.1	23.2	23.6	12.6	8.5	3.5	4.2	3.1	7	7.5	9.8	10.7
M21	14.8	26.4	27.9	13.3	14.6	11	3.7	8.4	8.6	11.7	14.7	16

* : Olumsuz hava şartları ve güvenlik nedeniyle ulaşım sağlanamadığından ölçüm yapılamadı.

** : Örnekleme noktasında su olmadığından ölçüm yapılamadı.

Ek Tablo - 2. Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık pH değerleri

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
M1	6.62	6.62	6.74	6.85	7.43	*	6.82	*	*	8.57	8.04	8.23
M2	6.78	6.59	6.73	6.82	6.97	*	7.3	*	*	7.84	7.93	8.11
M3	7.03	7.34	7.21	7.16	7.17	*	*	*	*	8.07	8.12	7.84
M4	7.04	7.2	7.23	7.01	7.07	7.63	7.9	7.5	8.43	8.21	8.07	7.86
M5	7.01	7.05	6.89	6.87	7.05	7.5	7.56	6.81	8.39	8.11	7.98	7.73
M6	6.91	7.19	6.92	6.89	6.9	7.17	7.58	7.72	8.25	8.25	7.94	7.69
M7	7	6.69	6.81	6.84	6.95	6.21	7.56	7.41	8.17	8.09	7.91	7.76
M8	6.92	6.89	6.84	6.77	6.91	6.4	7.52	7.55	8.19	8.03	7.54	7.78
M9	7.19	7.25	7.12	7.03	7.18	6.83	7.68	7.51	8.08	8.06	7.7	7.9
M10	6.91	6.95	7.16	6.89	7.08	7.16	7.61	7.73	8.23	8.05	7.79	7.45
M11	7.5	8.32	**	7.2	6.85	6.5	7.33	7.19	7.62	7.61	7.19	7.37
M12	7.55	7.62	7.52	7.19	7.1	6.81	8.52	7.7	8.17	7.84	7.58	7.6
M13	7.06	7.57	5.12	3.04	3.26	5.74	5.53	7.33	3.72	5.98	7.18	4.01
M14	7.78	8.02	7.65	7.31	6.68	7.3	7.86	8.01	6.57	6.9	7.95	6.36
M15	7.71	7.84	7.74	7.23	6.58	7.26	7.93	7.94	6.46	6.78	7.79	6.31
M16	7.81	7.87	7.77	7.25	6.68	7.31	7.95	8.03	6.56	6.72	7.84	6.38
M17	7.7	8.24	7.85	7.53	7.07	7.55	8.16	8.04	7	7.37	7.98	6.76
M18	7.79	8.6	8.1	7.32	7.26	7.37	8.6	8.17	7.29	7.59	8.05	7.08
M19	7.6	8.38	8.12	7.44	7.19	7.56	8.25	8.3	7.64	7.76	8.13	7.18
M20	7.53	8.15	8.11	7.54	7.2	7.56	8.57	8.3	7.73	7.84	8.08	7.21
M21	7.38	7.79	7.97	7.57	7.25	7.53	8.05	8.24	7.85	7.73	8.03	7.27

* : Olumsuz hava şartları ve güvenlik nedeniyle ulaşım sağlanamadığından ölçüm yapılamadı.

** : Örnekleme noktasında su olmadığından ölçüm yapılamadı.

Ek Tablo - 3. Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık iletkenlik değerleri ($\mu\text{s}/\text{cm}$)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
M1	46	48	92	30	44	*	75	*	*	50	38	79
M2	43	47	93	30	43	*	74	*	*	47	34	84
M3	59	89	163	59	67	*	*	*	*	75	38	99
M4	53	80	153	90	68	94	99	102	63	72	44	88
M5	51	82	109	93	62	85	94	152	59	60	44	84
M6	55	91	141	76	72	100	108	114	67	76	45	91
M7	59	121	153	73	69	124	116	155	66	79	49	105
M8	67	117	180	90	74	118	123	126	65	83	50	116
M9	79	132	214	102	107	246	157	212	95	110	54	118
M10	59	97	155	72	71	110	115	126	67	81	49	98
M11	769	979	**	970	791	940	978	913	906	999	581	818
M12	153	294	390	185	214	298	280	475	551	422	200	291
M13	666	627	1187	928	657	685	638	556	711	757	1079	1008
M14	153	257	300	157	151	202	192	198	149	146	87	283
M15	193	355	435	219	256	415	369	348	316	372	226	396
M16	191	343	423	213	191	352	316	292	246	257	181	357
M17	169	310	379	151	119	225	221	283	109	122	112	192
M18	143	280	399	164	132	240	189	233	126	137	137	209
M19	152	257	379	166	161	238	179	233	146	160	133	180
M20	149	270	379	166	155	245	211	304	150	146	134	181
M21	241	270	373	166	197	249	263	263	197	239	160	247

* : Olumsuz hava şartları ve güvenlik nedeniyle ulaşım sağlanamadığından ölçüm yapılamadı.

** : Örnekleme noktasında su olmadığından ölçüm yapılamadı.

Ek Tablo - 4. Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık tuzluluk değerleri (ppt)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
M1	0.03	0.03	0.06	0.02	0.04	*	0.07	*	*	0.04	0.03	0.06
M2	0.03	0.03	0.06	0.02	0.04	*	0.06	*	*	0.04	0.02	0.06
M3	0.04	0.05	0.1	0.04	0.06	*	*	*	*	0.06	0.03	0.07
M4	0.03	0.04	0.09	0.06	0.05	0.08	0.09	0.09	0.05	0.05	0.03	0.06
M5	0.03	0.05	0.07	0.06	0.05	0.07	0.08	0.12	0.05	0.05	0.03	0.06
M6	0.03	0.05	0.08	0.05	0.05	0.09	0.1	0.1	0.05	0.06	0.03	0.06
M7	0.04	0.07	0.09	0.05	0.05	0.11	0.1	0.14	0.05	0.06	0.04	0.07
M8	0.04	0.06	0.1	0.06	0.05	0.1	0.11	0.11	0.05	0.06	0.03	0.08
M9	0.05	0.07	0.11	0.07	0.08	0.21	0.13	0.19	0.07	0.08	0.04	0.08
M10	0.04	0.06	0.09	0.05	0.05	0.1	0.1	0.11	0.05	0.06	0.04	0.07
M11	0.46	0.49	**	0.59	0.55	0.8	0.87	0.85	0.74	0.72	0.38	0.5
M12	0.1	0.16	0.2	0.12	0.15	0.25	0.23	0.39	0.4	0.29	0.14	0.19
M13	0.39	0.3	0.59	0.57	0.47	0.64	0.6	0.52	0.55	0.5	0.68	0.62
M14	0.09	0.13	0.15	0.1	0.11	0.17	0.17	0.18	0.11	0.1	0.06	0.17
M15	0.12	0.17	0.21	0.14	0.17	0.34	0.3	0.3	0.23	0.24	0.15	0.24
M16	0.11	0.16	0.21	0.13	0.13	0.29	0.26	0.25	0.18	0.17	0.12	0.22
M17	0.1	0.15	0.18	0.09	0.08	0.19	0.18	0.24	0.08	0.08	0.07	0.12
M18	0.08	0.13	0.19	0.1	0.09	0.2	0.15	0.2	0.09	0.09	0.09	0.12
M19	0.09	0.12	0.18	0.1	0.11	0.2	0.15	0.2	0.11	0.11	0.09	0.12
M20	0.09	0.13	0.19	0.1	0.11	0.2	0.17	0.25	0.11	0.1	0.09	0.12
M21	0.14	0.12	0.17	0.1	0.12	0.16	0.21	0.19	0.14	0.15	0.09	0.14

* : Olumsuz hava şartları ve güvenlik nedeniyle ulaşım sağlanamadığından ölçüm yapılamadı.

** : Örnekleme noktasında su olmadığından ölçüm yapılamadı.

Ek Tablo - 5. Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık toplam çözünmüş madde (TDS) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
M1	43.6	40.3	78.7	30.5	51.4	*	91	*	*	55.9	40.3	81.3
M2	41	39	79.3	30.5	49.4	*	89.7	*	*	53.3	35.7	87.1
M3	54.6	74.8	137.1	58.5	78	*	*	*	*	85.8	39.7	98.1
M4	47.5	61.1	117	81.3	70.8	117	121.6	126.7	71.5	75.4	43.6	86.4
M5	47.5	67.6	91.7	86.4	69.6	101.4	106	163.8	67.6	68.9	46.2	85.1
M6	48.8	74.1	114.4	72.2	76.1	122.8	132.6	141.1	75.4	83.2	44.2	88.4
M7	53.9	96.2	124.1	69.6	74.8	150.2	141.1	187.9	74.1	88.4	49.4	102.7
M8	58.5	88.4	134.5	80.6	75.4	141.7	147.5	154.7	70.8	88.4	47.5	107.3
M9	67.6	94.9	150.8	89.7	104.7	289.2	182.6	262.6	100.1	103.3	51.4	109.2
M10	53.3	78.7	121.6	68.2	75.4	131.9	139.1	152.8	74.8	87.8	49.4	94.9
M11	598	650	**	767	721.5	1040	1124.5	1111.5	955.5	923	507	650
M12	130	213.9	273	163.1	206.7	336.7	313.3	521.9	520	388.7	184.6	256.1
M13	513.5	409.5	773.5	734.5	617.5	851.5	799.5	695.5	721.5	656.5	877.5	806
M14	120.9	174.8	205.4	132.6	146.3	230.1	227.5	240.5	152.1	133.9	76.1	234.6
M15	156.6	230.1	288.6	184.6	236	460.2	408.2	402.4	306.8	314.6	200.8	325
M16	154	223.6	279.5	180.1	182	393.3	355.6	343.8	243.1	226.9	159.9	294.4
M17	135.9	206.1	251.6	129.3	111.8	253.5	244.4	321.1	107.9	112.4	97.5	160.5
M18	111.2	180.1	254.8	139.8	122.2	267.8	206.7	267.8	121.6	121.6	119.6	168.4
M19	124.1	169	250.9	141.7	153.4	266.5	198.3	272.3	145.6	153.4	121.6	160.5
M20	122.2	182	253.5	141.7	146.9	269.8	227.5	340	148.9	142.3	122.8	161.2
M21	195	171	229.4	139.1	159.9	221	287.9	250.2	185.9	208	129.3	194.3

* : Olumsuz hava şartları ve güvenlik nedeniyle ulaşım sağlanamadığından ölçüm yapılamadı.

** : Örnekleme noktasında su olmadığından ölçüm yapılamadı.

Ek Tablo - 6. Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık çözülmüş oksijen (DO) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
M1	10.84	9.65	9.32	11.09	12.9	*	12.86	*	*	11.54	10.99	11.47
M2	10.85	9.87	9.27	11.25	12.13	*	11.74	*	*	11.81	11.11	11.4
M3	10.79	9.88	9.51	11.19	12.57	*	*	*	*	11.94	11.02	10.54
M4	10.92	9.32	9.16	11.61	12.45	14.26	13.49	12.92	12.77	11.51	10.91	10.77
M5	11.46	10.7	10.69	10.83	12.61	13.39	12.29	10.84	12.31	12.56	11.89	11.49
M6	10.79	9.93	9.84	11.37	12.26	13.87	13.94	12.89	12.86	12.21	10.89	10.43
M7	10.64	8.86	9.27	11.67	12.58	13.05	12.75	11.96	12.36	11.95	10.87	10.82
M8	10.39	9.28	9	10.64	11.89	13.5	13.6	13.28	11.97	11.92	10.53	10.3
M9	10.63	9.28	8.4	11.24	12.13	13.72	13.76	13.75	12.73	10.84	10.91	10.57
M10	10.8	10.71	8.87	11.53	12.95	11.63	14.03	11.98	12.69	12.1	11.78	10.93
M11	9.18	8.24	**	9.42	10.99	12.71	13.44	13.48	10.73	10.28	9.78	8.14
M12	10.48	9.29	8.75	10.87	11.85	13.47	13.14	12.14	11.13	10.51	10.49	9.84
M13	9.06	7.9	7.81	9.86	11.41	14.7	14.45	13.94	12.18	9.57	8.64	8.99
M14	9.83	8.71	8.32	10.76	12.02	13.68	13.87	13.48	12.23	10.71	10.33	9.77
M15	9.72	8.05	7.98	10.78	11.19	12.64	13.15	13.41	11.6	9.7	10.4	9.42
M16	10.02	8.4	8.12	10.83	11.56	13.2	13.29	13.44	11.62	10.17	10.21	9.32
M17	9.97	8.17	8.39	10.96	11.65	13.79	13.62	13.67	12.39	10.88	9.98	9.51
M18	9.73	8.16	8.22	11.12	11.62	13.32	12.93	13.76	12.29	10.5	9.89	8.94
M19	10.66	8.43	8.22	11.08	12.08	13.7	13.55	14.9	12.31	11.35	11.47	10.47
M20	10.66	8.38	7.66	11.12	11.96	13.22	12.26	13.22	12.12	11.24	10.38	10.74
M21	7.42	7.4	8.17	10.17	8.12	9.07	11.81	10.41	11.54	10.16	9.15	8.07

* : Olumsuz hava şartları ve güvenlik nedeniyle ulaşım sağlanamadığından ölçüm yapılamadı.

** : Örnekleme noktasında su olmadığından ölçüm yapılamadı.

Ek Tablo - 7. Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık askıda katı madde (AKM) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
M1	24.1	0.6	0.2	0.8	0.8	*	0.1	*	*	1.4	7.7	6.2
M2	3.5	0.3	0.4	0.1	3.9	*	0.1	*	*	0.1	6.8	13.3
M3	6.9	0.4	0.8	2.5	1.2	*	*	*	*	1.6	12.4	3.5
M4	20.1	0.4	0.6	2.3	33.6	12.3	2.5	4.4	20	8.1	53.1	5.7
M5	8.5	51.5	0.3	2.3	2.1	1.4	2	20.8	3.3	4.2	63.5	6
M6	10.4	8.9	0.5	4.1	11.9	2.1	1.3	4.5	14.6	4.7	34.1	5.3
M7	12.9	0.6	0.3	5.9	2.7	3.1	1.5	0.4	13.1	8.6	32.3	5.2
M8	4.5	1	2.3	1.5	4.4	4.8	1.6	1.5	13.1	1.8	19.9	11.2
M9	140.8	13.7	26.5	9.4	125.3	20.9	16.8	42	83	78.5	118.9	40.7
M10	7.9	0.4	0.6	5.5	7.4	1.5	1.7	2	6	2.6	31.8	7.9
M11	172.6	1.7	**	87.3	149.4	347.9	188	32.3	67.8	59.2	107.3	24.2
M12	54	117.2	19	9.2	97.7	12.4	12.5	84.3	61.1	40	68.7	47.9
M13	177.7	154.6	268.2	209.8	511.1	258.9	189.7	386.7	448.1	197.5	447.8	406.9
M14	45.1	5.5	31.2	32.3	81.6	29.6	21.2	36.6	99.9	44.1	123	24.4
M15	152.8	406.4	376.2	109.6	92.2	53.4	389.7	171.3	95.1	262.4	88.5	434.3
M16	161.6	340.2	332.5	119.5	107.6	47.3	267.2	98	92.4	152.2	87.2	256.9
M17	72.8	74	233.4	167.4	42.2	12.8	30.9	4.8	12.7	10.8	33	9.7
M18	57.7	5.6	9.4	117.6	25.5	19.3	12.1	19.2	13.2	23.4	82.2	4.3
M19	95.9	2.1	5.1	136.8	71.2	22.3	125	6.8	28.6	78.4	92.6	63.5
M20	121.4	1.2	218.25	179.8	62.2	33.6	18	25.6	30.1	38.8	87	95.1
M21	39.8	35	8.7	114.1	10.1	3.9	15.6	9.6	77	52.6	46.4	17.1

* : Olumsuz hava şartları ve güvenlik nedeniyle ulaşım sağlanamadığından ölçüm yapılamadı.

** : Örnekleme noktasında su olmadığından ölçüm yapılamadı.

Ek Tablo - 8. Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık nitrat azotu (NO₃-N) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
M1	1.5	2.4	3.7	2.5	2.4	*	*	*	*	0.4	0.5	0.9
M2	0.4	2.3	2.7	2.5	2.1	*	*	*	*	0.4	0.4	0.6
M3	0.8	3.1	3.4	2.7	2.7	*	*	*	*	0.3	0.3	0.4
M4	0.2	1	2	2.8	0.81	*	*	*	*	1.2	0.4	0.6
M5	0.2	0.6	1	3.9	0.6	*	*	*	*	0.4	0.4	0.4
M6	0.2	0.7	1.9	3.3	0.96	*	*	*	*	0.9	0.4	0.4
M7	0.2	0.9	3.7	4.3	1.24	*	*	*	*	0.6	0.3	0.4
M8	0.4	1.5	2.1	4.2	0.9	*	*	*	*	0.6	0.3	0.5
M9	0.4	2.4	4.1	6.4	2.3	*	*	*	*	0.6	0.3	0.4
M10	0.3	1.9	3	5.2	1.09	*	*	*	*	0.5	0.3	0.4
M11	1	2.6	**	5.6	1.3	*	*	*	*	0.8	0.8	0.9
M12	0.5	2.3	4.8	8	1.7	*	*	*	*	0.6	0.5	0.6
M13	20	3.6	26.5	1.6	12.7	*	*	*	*	1.1	1.7	1.3
M14	5.6	4.3	10.4	15.3	5.6	*	*	*	*	1.3	0.6	1.3
M15	4.8	2.6	7.6	10.6	3.9	*	*	*	*	0.7	0.5	0.8
M16	3	2.3	7	10.2	2.2	*	*	*	*	0.9	0.5	0.9
M17	1.8	3.1	6.2	10.5	1.78	*	*	*	*	0.6	0.4	0.6
M18	1.2	2.3	6.3	9	2.13	*	*	*	*	0.6	1	0.6
M19	2	3.2	6.3	8.5	2.21	*	*	*	*	0.8	0.5	0.5
M20	2	2.3	6.9	7.3	3.43	*	*	*	*	0.6	0.5	0.5
M21	1.6	1.4	5.8	9.6	2.65	*	*	*	*	0.8	0.6	0.6

* : Ölçüm cihazına ait NO₃-N probu arızalandığı için ölçüm yapılamadı.

** : Örnekleme noktasında su olmadığından ölçüm yapılamadı.

Ek Tablo - 9. Murgul Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık amonyum azotu (NH₄-N) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
M1	0.1	0.04	0.04	0.01	0.05	*	0.02	*	*	0.23	0.19	0.11
M2	0.08	0.03	0.04	0.01	0.02	*	0.01	*	*	0.22	0.08	0.07
M3	0.07	0.04	0.04	0.05	0.02	*	*	*	*	0.15	0.07	0.04
M4	0.09	0.05	0.07	0.07	0.04	0.03	0.01	0.01	0.02	0.16	0.05	0.06
M5	0.07	0.05	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.09	0.05	0.05
M6	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.04	0.04	0.05
M7	0.06	0.04	0.07	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	0.1	0.04	0.05
M8	0.06	0.05	0.07	0.04	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.08	0.03	0.04
M9	0.08	0.05	0.06	0.04	0.06	0.03	0.02	0.03	0.01	0.19	0.04	0.05
M10	0.08	0.05	0.08	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.15	0.04	0.04
M11	0.56	0.24	**	0.31	0.18	0.12	0.15	0.22	0.17	1.25	0.54	0.46
M12	0.14	0.07	0.09	0.05	0.06	0.03	0.03	0.05	0.06	0.33	0.17	0.14
M13	0.94	0.71	1.44	0.23	0.2	0.32	0.22	0.31	0.14	0.87	1.21	0.86
M14	0.09	0.07	0.1	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.1	0.04	0.08
M15	0.18	0.14	0.16	0.06	0.07	0.06	0.04	0.05	0.05	0.2	0.17	0.21
M16	0.15	0.12	0.15	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.14	0.12	0.16
M17	0.12	0.11	0.15	0.04	0.02	0.04	0.04	0.11	0.02	0.1	0.06	0.11
M18	0.21	0.09	0.12	0.05	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.07	0.09	0.63
M19	0.1	0.08	0.1	0.05	0.05	0.03	0.02	0.04	0.02	0.12	0.1	0.1
M20	0.09	0.07	0.1	0.06	0.04	0.02	0.02	0.05	0.03	0.09	0.09	0.1
M21	0.14	0.09	0.14	0.05	0.05	0.1	0.02	0.02	0.04	0.16	0.08	0.21

* : Olumsuz hava şartları ve güvenlik nedeniyle ulaşım sağlanamadığından ölçüm yapılamadı.

** : Örnekleme noktasında su olmadığından ölçüm yapılamadı.

Ek Tablo - 10. Murgul Deresi Havzası bazı örnekleme noktalarına ait aylık sülfat (SO₄) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
M11	40	43	47	39	32	3	10
M12	661	797	764	708	462	293	247
M13	397	421	315	346	514	608	288
M14	144	137	124	87	79	63	114
M17	53	51	84	13	26	12	22
M20	19	59	112	43	57	112	37

Ek Tablo - 11. Murgul Deresi Havzası bazı örnekleme noktalarına ait aylık orto-fosfat (PO₄-P) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
M11	0	0	0	0	0	0	0
M12	0	0	0	0	0	0.085	0
M13	0	0	0	0	0	0.05	0
M14	0	0	0	0	0	0	0
M17	0	0	0	0	0	0	0
M20	0	0	0	0	0	0	0

Ek Tablo - 12. Murgul Deresi Havzası bazı örnekleme noktalarına ait aylık toplam azot (TN) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
M11	8.39	8.69	0	0	2.18	0	0
M12	19	5.57	0	0	0.293	0	1.62
M13	16.4	1.6	6.05	1.03	2.44	1.33	6.2
M14	8.08	12	1.04	0	0.499	0	1
M17	7.14	2.05	1.06	0	0.586	0	0
M20	6.59	9.19	0	0	0.539	0	1.03

Ek Tablo - 13. Hatila Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık sıcaklık değerleri (°C)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
H1	17.3	17.3	15.1	9.6	3.5	2.7	1.7	3.1	5.3	3.7	9.2	9.2
H2	19	19	17.4	11.2	5.1	3.9	2.4	4	6.6	4.3	10.5	10.3
H3	18.7	19.1	22.3	11.5	7	3.5	2.5	4.2	*	7.5	10.8	13

* : Ölçüm noktasına ulaşım baraj üzerinden zodyak bot ile sağlandığından bot arızası nedeniyle ulaşım sağlanamadı.

Ek Tablo - 14. Hatila Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık pH değerleri

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
H1	7.76	7.77	7.71	7.38	8.04	7.72	8.15	8.89	7.69	7.47	7.36	8.55
H2	7.59	7.74	7.83	7.38	7.78	7.52	7.63	8.44	7.62	7.51	7.84	8.4
H3	8.05	7.73	8.1	7.36	7.64	7.43	8.33	8.31	*	8.4	8.25	8.41

* : Ölçüm noktasına ulaşım baraj üzerinden zodyak bot ile sağlandığından bot arızası nedeniyle ulaşım sağlanamadı.

Ek Tablo - 15. Hatila Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık iletkenlik değerleri ($\mu\text{s}/\text{cm}$)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
H1	176	176	189	103	97	128	134	164	81	107	60	112
H2	185	185	202	109	104	131	144	158	94	112	69	124
H3	136	150	261	106	100	128	143	121	*	113	102	110

* : Ölçüm noktasına ulaşım baraj üzerinden zodyak bot ile sağlandığından bot arızası nedeniyle ulaşım sağlanamadı.

Ek Tablo - 16. Hatila Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık tuzluluk değerleri (ppt)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
H1	0.1	0.1	0.11	0.07	0.08	0.11	0.11	0.12	0.06	0.08	0.04	0.08
H2	0.1	0.1	0.11	0.07	0.08	0.1	0.12	0.13	0.07	0.09	0.04	0.08
H3	0.07	0.11	0.13	0.07	0.07	0.1	0.12	0.09	*	0.07	0.07	0.07

* : Ölçüm noktasına ulaşım baraj üzerinden zodyak bot ile sağlandığından bot arızası nedeniyle ulaşım sağlanamadı.

Ek Tablo - 17. Hatila Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık toplam çözünmüş madde (TDS) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
H1	83.8	133.9	151.4	94.2	107.3	145.6	157.3	189	84.5	115.7	55.9	104.7
H2	87.8	135.2	153.4	96.9	109.2	143	165.1	171.6	94.2	120.3	61.8	112.4
H3	100.8	142.2	179.4	93	98.8	141.1	163.1	130	*	100.1	91.7	93

* : Ölçüm noktasına ulaşım baraj üzerinden zodyak bot ile sağlandığından bot arızası nedeniyle ulaşım sağlanamadı.

Ek Tablo - 18. Hatila Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık çözünmüş oksijen (DO) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
H1	10.11	8.59	10.14	11.72	13.65	13.02	13.07	13.52	11.88	11.7	10.75	11.03
H2	9.71	9.04	9.94	11.69	13.59	12.95	13.2	13.15	12.03	12.6	10.89	10.77
H3	9.26	9.88	8.28	11.58	12.96	13.6	14.14	12.68	*	11.48	10.78	9.99

* : Ölçüm noktasına ulaşım baraj üzerinden zodyak bot ile sağlandığından bot arızası nedeniyle ulaşım sağlanamadı.

Ek Tablo - 19. Hatila Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık askıda katı madde (AKM) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
H1	1.8	0.9	10.9	0.9	3.1	2.8	0.2	1.1	5.1	1.8	6.5	4.4
H2	3.8	1.5	5.8	1.4	1.4	3.7	0.3	2.4	8.6	1.7	8.9	8
H3	5.9	1.9	3.6	4.3	4.2	1.6	3.8	11.7	*	5.7	7.5	5.8

* : Ölçüm noktasına ulaşım baraj üzerinden zodyak bot ile sağlandığından bot arızası nedeniyle ulaşım sağlanamadı.

Ek Tablo - 20. Hatila Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık nitrat azotu (NO₃-N) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
H1	1.8	1.6	1.3	1.2	1.4	*	*	*	*	0.3	0.5	0.5
H2	1.6	1.6	1.5	1.4	1.5	*	*	*	*	0.8	0.5	0.5
H3	1.6	1.8	1.6	1.5	1.5	*	*	*	*	1.2	0.6	0.4

* : Ölçüm cihazına ait NO₃-N probu arızalandığı için ölçüm yapılamadı.

Ek Tablo - 21. Hatila Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık amonyum azotu (NH₄-N) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
H1	0.19	0.08	0.07	0.04	0.09	0.02	0.01	0.01	0.02	0.54	0.13	0.06
H2	0.28	0.05	0.07	0.04	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.93	0.06	0.06
H3	0.22	0.08	0.11	0.04	0.04	0.01	0.01	0.01	*	0.64	0.05	0.05

* : Ölçüm noktasına ulaşım baraj üzerinden zodyak bot ile sağlandığından bot arızası nedeniyle ulaşım sağlanamadı.

Ek Tablo - 22. Hatila Deresi Havzası mansabındaki örnekleme noktasına ait aylık sülfat (SO₄), orto-fosfat (PO₄-P) ve toplam azot (TN) değerleri (mg/l)

Parametre/aylar	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
Sülfat (SO ₄)	30	20	18	*	4	7	9
H3 Orto-fosfat (PO ₄ -P)	0	0	0	*	0.194	0	0
Toplam Azot (TN)	9.44	1.08	0	*	0.583	0.45	0

* : Ölçüm noktasına ulaşım baraj üzerinden zodyak bot ile sağlandığından bot arızası nedeniyle ulaşım sağlanamadı.

Ek Tablo - 23. Fabrika Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık sıcaklık değerleri (°C)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
F1	14.3	15.5	16.9	11.3	0.9	2.9	1.2	0.8	3.3	3.4	8.6	9.8
F2	10.7	11.6	12.7	9.7	*	4.8	*	*	*	5.5	9.1	10.1
F3	15	15.8	17	12.6	4.2	5.8	2.9	2.6	5.5	5.4	10.2	10.5
F4	15.9	15.8	17.2	12.7	4.1	4.7	1.8	1.4	4.7	5.7	10.7	12.3
F5	15.4	16.2	17	13.4	7.1	6.4	4.3	2.8	7.6	8.5	12.4	12
F6	16.8	18.1	20	13.7	6.4	7.3	3.2	4.2	6.7	8.1	13	13.2
F7	17.1	22.1	23.8	17	9.1	9.1	4.1	3.4	9.2	12.1	11.4	14.1

* : Olumsuz hava şartları ve güvenlik nedeniyle ulaşım sağlanamadığından ölçüm yapılamadı.

Ek Tablo - 24. Fabrika Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık pH değerleri

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
F1	7.69	7.78	7.77	7.57	8.12	7.52	8.22	8.44	8.6	8.5	7.2	8.52
F2	7.76	7.81	7.81	7.63	*	7.65	*	*	*	8.29	7.93	8.51
F3	7.89	7.84	7.93	7.73	7.97	7.64	8.09	8.48	8.46	8.13	7.87	8.58
F4	7.91	7.73	7.67	7.69	8.01	7.62	8.15	8.41	8.18	8.35	7.58	8.33
F5	8.07	7.96	7.95	7.96	7.83	7.81	8.28	8.5	8.57	8.53	8.32	8.26
F6	8.22	7.98	8.13	8.05	8.04	7.92	8.64	8.6	8.22	8.29	8.21	8.28
F7	8.17	8.28	8.2	8.03	7.74	7.93	8.56	8.49	8.27	8.35	8.07	8.34

* : Olumsuz hava şartları ve güvenlik nedeniyle ulaşım sağlanamadığından ölçüm yapılamadı.

Ek Tablo - 25. Fabrika Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık iletkenlik değerleri ($\mu\text{s}/\text{cm}$)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
F1	133	160	206	120	93	105	106	110	73	73	94	144
F2	130	142	168	134	*	123	*	*	*	133	89	131
F3	168	204	250	160	129	145	133	139	81	87	106	157
F4	250	267	281	215	167	184	161	164	116	118	166	190
F5	208	269	309	210	161	185	168	248	106	119	126	190
F6	428	508	728	331	265	267	233	172	185	206	284	331
F7	294	462	570	180	222	264	232	244	147	171	155	263

* : Olumsuz hava şartları ve güvenlik nedeniyle ulaşım sağlanamadığından ölçüm yapılamadı.

Ek Tablo - 26. Fabrika Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık tuzluluk değerleri (ppt)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
F1	0.08	0.09	0.12	0.08	0.08	0.09	0.09	0.1	0.06	0.06	0.06	0.1
F2	0.08	0.09	0.1	0.09	*	0.1	*	*	*	0.1	0.06	0.1
F3	0.1	0.12	0.14	0.1	0.1	0.11	0.11	0.12	0.06	0.07	0.07	0.1
F4	0.15	0.16	0.16	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.09	0.09	0.11	0.12
F5	0.12	0.15	0.18	0.13	0.12	0.13	0.13	0.21	0.08	0.08	0.08	0.12
F6	0.25	0.28	0.4	0.2	0.2	0.2	0.19	0.14	0.14	0.15	0.18	0.21
F7	0.16	0.24	0.28	0.1	0.15	0.18	0.19	0.2	0.1	0.11	0.1	0.16

* : Olumsuz hava şartları ve güvenlik nedeniyle ulaşım sağlanamadığından ölçüm yapılamadı.

Ek Tablo - 27. Fabrika Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık toplam çözünmüş madde (TDS) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
F1	108.5	126.7	158	106	111.8	118.3	126.1	131.9	80.6	80.6	89	131.9
F2	116.4	123.5	143	123.5	*	130.7	*	*	*	137.1	83.2	124.2
F3	135.2	161.2	191.1	136.5	139.1	148.9	148.9	158	83.8	90.3	96.2	141.1
F4	196.9	210.6	214.5	182.6	180.1	195	187.9	193.7	122.8	120.9	148.2	163.1
F5	165.8	209.3	237.3	174.8	158.6	181.4	180.1	279.5	103.3	113.1	107.9	164.4
F6	330.2	377	520	274.3	267.1	269.1	260	185.9	185.2	196.9	239.2	278.2
F7	222.9	317.2	377	138.5	207.4	246.4	251.6	269.8	137.1	147.5	135.9	216.5

* : Olumsuz hava şartları ve güvenlik nedeniyle ulaşım sağlanamadığından ölçüm yapılamadı.

Ek Tablo - 28. Fabrika Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık çözünmüş oksijen (DO) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
F1	9.48	9.27	7.78	10.35	13.9	12.46	12.69	13.45	12.66	11.96	10.09	10.21
F2	10.49	10.64	9.89	10.73	*	11.81	*	*	*	11.46	10.42	10.23
F3	9.55	9.53	9.04	10.46	13.13	12.08	12.44	12.66	11.81	11.41	10.32	10.39
F4	8.94	9.04	9.07	9.89	12.92	12.14	12.84	13.49	12.19	11.39	10.14	9.76
F5	9.69	9.58	9.33	10.43	12.35	11.72	12.4	12.98	11.48	10.95	9.69	10.38
F6	6.96	7.72	6.1	9.75	12.1	11.74	12.32	12.69	12.07	10.86	9.72	9.86
F7	9.56	9.23	6.69	8.73	11.28	10.03	11.04	13.09	11.84	9.93	10.06	10.11

* : Olumsuz hava şartları ve güvenlik nedeniyle ulaşım sağlanamadığından ölçüm yapılamadı.

Ek Tablo - 29. Fabrika Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık askıda katı madde (AKM) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
F1	1.3	5.2	15.3	11.4	16.5	21	0.2	4.4	113.3	6.3	18.3	7.9
F2	54.6	5.6	3.9	2.7	*	2	*	*	*	3.1	31.2	1.2
F3	16.7	3.1	1	7.6	2.2	3	3.5	13.6	54.6	9.6	61.3	28
F4	9.4	1.6	0.1	5.2	55.4	6	11.8	143.9	87.7	32.4	15.3	9.5
F5	6.8	7.6	3.4	6	21.5	14.7	13.5	123.6	45.6	7.6	49.4	15.5
F6	19.7	5.6	0.1	9.6	16.6	7.9	9.1	10.6	224.1	14.6	34.1	22.6
F7	27.9	13.6	28.1	81.6	32.8	17.7	132	17.8	106.2	20.9	58.1	28

* : Olumsuz hava şartları ve güvenlik nedeniyle ulaşım sağlanamadığından ölçüm yapılamadı.

Ek Tablo - 30. Fabrika Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık nitrat azotu (NO₃-N) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
F1	1.1	1.3	5.5	2.9	2.8	*	*	*	*	1.5	2.7	1
F2	0.3	0.4	3.3	2.4	2.1	*	*	*	*	0.4	0.7	1
F3	0.8	2	3.2	2	2.2	*	*	*	*	1.2	1.7	1.1
F4	1.6	2.1	1.1	1.4	1.5	*	*	*	*	1.3	2.1	0.7
F5	0.8	2.5	3.9	2.3	2.4	*	*	*	*	1.2	1.4	1.2
F6	1.6	4.8	5.3	3.8	3.9	*	*	*	*	1	1.7	1.3
F7	2.1	5.1	6.6	4.9	5.2	*	*	*	*	1.4	1.9	2.2

* : Ölçüm cihazına ait NO₃-N probu arızalandığı için ölçüm yapılamadı.

Ek Tablo - 31. Fabrika Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık amonyum azotu (NH₄-N) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
F1	0.19	0.11	0.09	0.04	0.12	0.02	0.01	0.02	0.05	0.47	0.09	0.08
F2	0.22	0.31	0.31	0.03	*	0.01	*	*	*	0.21	0.1	0.05
F3	0.13	0.11	0.13	0.05	0.09	0.05	0.02	0.02	0.02	0.16	0.09	0.12
F4	0.13	0.14	0.06	0.1	0.21	0.05	0.03	0.04	0.05	0.2	0.18	0.12
F5	0.15	0.19	0.15	0.1	0.22	0.09	0.02	0.11	0.03	0.13	0.1	0.13
F6	0.74	0.77	1.35	0.22	0.18	0.14	0.06	0.03	0.07	0.35	0.42	0.47
F7	1.1	0.82	1.41	0.34	0.23	0.39	0.15	0.17	0.09	0.45	0.75	1.72

* : Olumsuz hava şartları ve güvenlik nedeniyle ulaşım sağlanamadığından ölçüm yapılamadı.

Ek Tablo - 32. Fabrika Deresi Havzası bazı örnekleme noktasına ait aylık sülfat (SO₄), orto-fosfat (PO₄-P) ve toplam azot (TN) değerleri (mg/l)

Parametre/aylar	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
F3 Sülfat (SO ₄)	8	13	14	53	11	8	9
Orto-fosfat (PO ₄ -P)	0	0	0	0	0	0	0
Toplam Azot (TN)	0.657	1.15	1.29	6.05	0	0	1.04
F7 Sülfat (SO ₄)	25	21	9	41	13	12	14
Orto-fosfat (PO ₄ -P)	0.085	0.058	0.078	0	0	0.147	0.096
Toplam Azot (TN)	44.7	1.75	2.06	2.12	0	1.56	2.76

Ek Tablo - 33. Godrahav Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık sıcaklık değerleri (°C)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
G1	12.8	17.1	19	9.9	4.6	4.4	2.1	1	3.5	3.5	7	10.2
G2	15.4	20.9	22.9	11.1	6.4	5.4	2.9	1.7	4	4.1	8.8	11.6
G3	14.9	20.2	21.3	11.5	7.2	6.3	3.8	2.6	4.3	4.9	9.6	12.1
G4	16.3	22.2	23.7	12.4	8.9	7.9	5	3	9.5	10.1	11.3	15.5
G5	16.1	23.5	25.1	12.7	9	8.1	5	3.1	9.6	10.5	11.6	16.1

Ek Tablo - 34. Godrahav Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık pH değerleri

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
G1	7.78	7.85	7.76	7.36	7.81	7.94	8.78	8.73	8.46	8.37	8.41	7.55
G2	7.98	7.94	8.04	7.59	7.78	7.79	8.7	8.6	8.44	8.35	8.12	7.62
G3	8.11	8.11	8.18	7.6676	7.77	7.73	8.11	8.67	8.43	8.24	8.05	7.81
G4	8.19	8.29	8.29	7.72	7.76	7.87	8.97	8.71	8.33	8.21	8.14	8.17
G5	8.26	8.38	8.32	7.71	7.82	7.87	8.09	8.59	8.19	8.16	8.24	8.41

Ek Tablo - 35. Godrahav Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık iletkenlik değerleri ($\mu\text{s}/\text{cm}$)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
G1	97	148	199	90	80	94	135	109	93	92	65	201
G2	161	264	327	120	116	133	146	149	95	93	93	202
G3	174	301	275	136	135	159	179	181	109	112	117	238
G4	214	341	376	166	162	199	215	217	139	145	138	279
G5	214	344	366	169	166	202	217	219	141	148	140	284

Ek Tablo - 36. Godrahav Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık tuzluluk değerleri (ppt)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
G1	0.06	0.08	0.11	0.06	0.06	0.07	0.11	0.09	0.07	0.07	0.05	0.11
G2	0.09	0.14	0.16	0.08	0.08	0.1	0.12	0.13	0.07	0.07	0.06	0.13
G3	0.1	0.16	0.14	0.09	0.1	0.12	0.14	0.15	0.09	0.09	0.08	0.15
G4	0.12	0.17	0.18	0.1	0.11	0.14	0.17	0.18	0.09	0.1	0.09	0.16
G5	0.12	0.17	0.17	0.11	0.11	0.14	0.17	0.18	0.1	0.1	0.09	0.16

Ek Tablo - 37. Godrahav Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık toplam çözünmüş madde (TDS) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
G1	82.5	113.1	146.3	82.5	84.5	100.8	157	131.3	100.8	100.1	63.7	162.8
G2	128.1	185.9	221.7	106	116.4	138.5	164.4	174.2	103.3	100.8	87.8	176.8
G3	139.8	215.2	192.4	119	133.3	161.2	195	205.4	117	118.3	107.9	205.4
G4	166.4	234	250.2	142.3	152.1	191.7	225.6	242.4	128.1	131.9	121.6	221
G5	167.7	230.1	237.3	143.7	155.3	193.7	228.2	245.1	130	132.6	122.2	222.3

Ek Tablo - 38. Godrahav Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık çözünmüş oksijen (DO) değerleri mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
G1	10.02	9.1	8.61	11.32	12.21	12.03	12.97	13.39	12.47	12.59	11.01	10.2
G2	9.66	8.65	8.04	11.13	12.7	11.96	12.92	13.45	12.57	12.09	10.94	9.97
G3	10.16	8.87	8.52	11.11	12.28	11.63	12.68	13.25	12.42	12.27	10.63	9.98
G4	9.95	8.6	9.54	11.14	12.16	12.16	12.93	13.72	11.46	10.69	10.51	9.85
G5	10.04	8.95	9.1	10.92	12.23	12.21	12.87	13.88	11.13	10.7	10.25	9.71

Ek Tablo - 39. Godrahav Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık askıda katı madde (AKM) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
G1	2	2.2	0.1	0.1	0.5	0.8	0.1	4.1	10.8	3	1	1
G2	7.3	1.9	2.5	1.5	0.7	1.2	1.7	5	14.6	3.5	3	5.3
G3	10.2	0.8	1.9	6.5	18.9	5.2	3.2	3.9	21	28.7	14.9	15.2
G4	23.1	5.9	4.9	13.2	18.8	12.9	36.1	8.1	67.8	14.7	134.2	12.3
G5	19.4	7.7	7.1	14.9	24.6	15.3	38	8	50.1	17.6	137.2	15.6

Ek Tablo - 40. Godrahav Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık nitrat azotu (NO₃-N) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
G1	1.1	1.6	1.9	1.8	1.7	*	*	*	*	0.5	0.4	1
G2	0.9	1.1	5.1	2.5	2.4	*	*	*	*	0.5	0.5	1.1
G3	1.6	1.8	5.9	3.6	3.1	*	*	*	*	0.4	0.5	0.8
G4	1.8	1.5	8.2	4.8	4.3	*	*	*	*	0.4	0.4	1.1
G5	4.7	2	13.7	8.7	7.2	*	*	*	*	0.1	0.4	0.8

* : Ölçüm cihazına ait NO₃-N probu arızalandığı için ölçüm yapılamadı.

Ek Tablo - 41. Godrahav Deresi Havzası örnekleme noktalarına ait aylık amonyum azotu (NH₄-N) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
G1	0.15	0.06	0.09	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.33	0.08	0.1
G2	0.15	0.09	0.14	0.05	0.04	0.02	0.02	0.02	0.01	0.26	0.07	0.1
G3	0.13	0.09	0.11	0.04	0.06	0.02	0.02	0.02	0.02	0.2	0.07	0.09
G4	0.12	0.1	0.13	0.06	0.07	0.05	0.02	0.02	0.02	0.09	0.08	0.13
G5	0.13	0.12	0.17	0.06	0.07	0.04	0.03	0.03	0.02	0.08	0.08	0.15

Ek Tablo - 42. Godrahav Deresi Havzası bazı örnekleme noktalarında ait aylık sülfat (SO₄), orto-fosfat (PO₄-P) ve toplam azot (TN) değerleri (mg/l)

Parametre/aylar	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
G3 Sülfat (SO ₄)	9	32	8	6	4	2	3
Orto-fosfat (PO ₄ -P)	0	0	0	0	0	0	0
Toplam Azot (TN)	0	0	0	0	0.962	0	0
G5 Sülfat (SO ₄)	10	7	10	0	5	2	5
Orto-fosfat (PO ₄ -P)	0	0	0	0	0	0.836	0
Toplam Azot (TN)	9.78	0	0	6.75	0.306	0	0

Ek Tablo - 43. Borçka Barajı Rezervuarı örnekleme noktalarına ait aylık sıcaklık değerleri (°C)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
B1	16.2	20.8	22.6	17.3	13.6	11.4	9.3	6.6	*	9.9	13.9	16.5
B2	20.4	20.1	22.3	17.9	13.6	11.6	9.3	6.9	*	10.1	15	17.7
B3	19.5	20.2	21.6	17.6	14.3	11.8	9	6.8	*	9.7	14.1	17.5
B4	13.6	15.3	17	17.5	15.2	12.8	9	7.4	*	8.6	12.2	11.5
B5	13.7	15	16.9	16.9	15.4	12.9	9.4	7.4	*	8.2	10.8	11.4
HGRS	18.8	18.4	21.5	17	14.1	10.7	2.8	4.1	*	7.9	10.1	13.5
MSON	18.1	22.9	23.4	17.7	13.5	11.4	9.3	6.7	*	10.4	14.5	17.6

* : Ölçüm noktalarına ulaşım zodyak bot ile sağlandığından bot arızası nedeniyle ulaşım sağlanamadı.

Ek Tablo - 44. Borçka Barajı Rezervuarı örnekleme noktalarına ait aylık pH değerleri

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
B1	8.1	8.14	8.51	7.93	7.67	7.47	8.26	8.18	*	7.95	8.13	8.22
B2	8.58	8.24	8.54	8.38	7.59	7.63	8.32	8.25	*	8.05	8.1	8.12
B3	8.61	8.31	8.52	7.84	7.66	7.4	8.34	8.29	*	8.16	8.15	8.24
B4	8.17	7.93	7.93	8.08	7.72	7.69	8.36	8.39	*	8.15	8.15	8.24
B5	8.11	7.75	7.9	8.77	7.7	7.7	8.38	8.36	*	8.2	8.12	8.22
HGRS	7.94	7.69	7.83	8.78	7.36	7.71	8.4	8.36	*	8.56	8.29	8.32
MSON	8.05	7.97	8.31	7.96	7.58	7.57	8.33	8.22	*	8	8.17	8.16

* : Ölçüm noktalarına ulaşım zodyak bot ile sağlandığından bot arızası nedeniyle ulaşım sağlanamadı.

Ek Tablo - 45. Borçka Barajı Rezervuarı rnekleme noktalarına ait aylık iletkenlik değerleri ($\mu\text{s}/\text{cm}$)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
B1	206	238	282	239	198	221	263	237	*	289	264	261
B2	219	241	273	240	197	233	265	251	*	313	317	287
B3	212	238	270	233	218	237	268	268	*	286	307	282
B4	203	216	251	223	232	255	266	267	*	304	305	257
B5	206	207	252	215	235	256	272	272	*	322	314	256
HGRS	144	206	271	214	224	235	149	124	*	108	101	115
MSON	190	241	298	245	222	222	264	239	*	209	243	248

* : Ölüm noktalarına ulaşım zodyak bot ile sağlandığından bot arızası nedeniyle ulaşım sağlanamadı.

Ek Tablo - 46. Borçka Barajı Rezervuarı rnekleme noktalarına ait aylık tuzluluk değerleri (ppt)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
B1	0.12	0.12	0.14	0.13	0.12	0.14	0.18	0.18	*	0.2	0.16	0.15
B2	0.11	0.13	0.14	0.13	0.12	0.15	0.18	0.18	*	0.21	0.19	0.16
B3	0.11	0.12	0.14	0.13	0.13	0.15	0.19	0.2	*	0.19	0.19	0.16
B4	0.12	0.13	0.14	0.12	0.14	0.16	0.18	0.19	*	0.21	0.19	0.17
B5	0.13	0.12	0.14	0.12	0.14	0.16	0.19	0.2	*	0.21	0.21	0.17
HGRS	0.08	0.11	0.14	0.12	0.14	0.16	0.12	0.1	*	0.07	0.07	0.07
MSON	0.1	0.12	0.15	0.14	0.14	0.14	0.18	0.18	*	0.14	0.15	0.14

* : Ölüm noktalarına ulaşım zodyak bot ile sağlandığından bot arızası nedeniyle ulaşım sağlanamadı.

Ek Tablo - 47. Borçka Barajı Rezervuarı rnekleme noktalarına ait aylık toplam znmş madde (TDS) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
B1	161.2	192.4	192.4	182	165.1	193.7	244.4	237.9	*	264.6	217.8	202.1
B2	156	186.5	186.5	180.7	163.8	203.5	246.4	248.9	*	284.1	254.8	216.5
B3	154	187.9	187.9	176.8	178.1	206.1	250.2	266.5	*	261.9	252.2	213.9
B4	168.4	192.4	192.4	169	185.2	216.5	249.6	261.3	*	287.3	261.9	224.9
B5	170.3	193.7	193.7	165.8	187.2	215.8	252.2	265.9	*	287.9	280.2	222.9
HGRS	106	188.5	188.5	163.8	183.3	210	167.7	134.5	*	96.9	91.7	96.2
MSON	142.3	163.1	199.6	185.2	195	195	245.1	238.6	*	188.5	196.9	187.9

* : Ölüm noktalarına ulaşım zodyak bot ile sağlandığından bot arızası nedeniyle ulaşım sağlanamadı.

Ek Tablo - 48. Borçka Barajı Rezervuarı örnekleme noktalarına ait aylık çözünmüş oksijen (DO) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
B1	10.36	10.83	10	8.3	9.05	9.73	10.3	10.65	*	10.52	10.12	9.66
B2	11.16	11.38	10.48	8.98	9	9.78	10.31	11.21	*	10.96	10.76	10.13
B3	11.88	11.81	10.85	9.24	9.33	9.78	10.75	11.2	*	10.83	10.56	10.26
B4	10.84	9.75	8.59	9.48	8.87	9.78	10.67	11.26	*	10.79	10.19	9.84
B5	10.9	9.53	9.12	10.15	9.03	9.65	10.63	10.93	*	10.67	9.89	9.86
HGRS	9.18	8.61	9.05	10.15	9	10.11	13.56	12.68	*	10.87	10.93	9.74
MSON	9.96	8.7	9.42	8.37	9.27	9.61	10.09	11.22	*	10.5	9.91	9.29

* : Ölçüm noktalarına ulaşım zodyak bot ile sağlandığından bot arızası nedeniyle ulaşım sağlanamadı.

Ek Tablo - 49. Borçka Barajı Rezervuarı rnekleme noktalarına ait aylık askıda katı madde (AKM) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
B1	3.1	3.2	4.5	1.4	9.7	7.5	7.3	3.1	*	1.1	9.1	4.6
B2	6.4	2.6	4.2	4.1	8.8	7	7.5	3.2	*	10.1	1.9	5
B3	6	4.6	2	0.7	5.9	4.9	3.9	4	*	3.9	2.3	1.8
B4	4.7	5.4	2.7	2.8	7.3	6.5	6.4	11.3	*	5.2	4.9	5.1
B5	5.5	2	1.8	4.4	7.6	6.1	5.7	12.2	*	22.5	1.6	7.3
HGRS	11.9	2.3	2.7	4.9	5.1	2.4	1.8	10	*	2.2	3.3	2.7
MSON	17.1	1.8	5.8	1.1	10.7	8.8	7	3.4	*	24.9	12.2	6.5

* : Ölüm noktalarına ulaşım zodyak bot ile sağlandığından bot arızası nedeniyle ulaşım sağlanamadı.

Ek Tablo - 50. Borçka Barajı Rezervuarı rnekleme noktalarına ait aylık nitrat azotu (NO₃-N) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
B1	1.4	1.1	1.5	1.2	1.2	*	*	*	*	0.8	1.1	1.2
B2	1	1.5	1.5	1.3	1.2	*	*	*	*	0.9	1.2	1.2
B3	1.4	1.7	1.5	1.6	1.5	*	*	*	*	0.9	1	1
B4	1.1	1.6	1.8	1.5	1.6	*	*	*	*	0.8	1.1	1
B5	1.2	1.5	2.2	1.5	1.6	*	*	*	*	1	1	1
HGRS	0.8	1.7	1.4	1.3	1.4	*	*	*	*	1.3	0.7	0.4
MSON	2.8	1.3	1.2	2.4	2.4	*	*	*	*	0.8	1.2	1.4

* : Ölüm cihazına ait NO₃-N probu arızalandığı için ölüm yapılamadı.

Ek Tablo - 51. Borçka Barajı Rezervuarı örnekleme noktalarına ait aylık amonyum azotu (NH₄-N) değerleri (mg/l)

Örnekleme noktası/aylar	Tem-16	Ağu-16	Eyl-16	Eki-16	Kas-16	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
B1	0.18	0.09	0.09	0.09	0.08	0.04	0.03	0.06	*	0.33	0.17	0.18
B2	0.17	0.1	0.12	0.09	0.07	0.05	0.03	0.08	*	0.26	0.18	0.18
B3	0.18	0.12	0.14	0.09	0.1	0.06	0.04	0.06	*	0.24	0.19	0.2
B4	0.18	0.1	0.12	0.1	0.08	0.05	0.04	0.06	*	0.27	0.22	0.23
B5	0.19	0.1	0.11	0.09	0.09	0.05	0.04	0.06	*	0.3	0.24	0.22
HGRS	0.12	0.11	0.12	0.1	0.1	0.07	0.01	0.01	*	0.17	0.04	0.05
MSON	0.22	0.13	0.11	0.1	0.14	0.05	0.03	0.1	*	0.4	0.2	0.21

* : Ölçüm noktalarına ulaşım zodyak bot ile sağlandığından bot arızası nedeniyle ulaşım sağlanamadı.

Ek Tablo - 52. Borçka Barajı Rezervuarı bazı örnekleme noktalarında ait aylık sülfat (SO₄), orto-fosfat (PO₄-P) ve toplam azot (TN) değerleri (mg/l)

Parametre/aylar	Ara-16	Oca-17	Şub-17	Mar-17	Nis-17	May-17	Haz-17
B1 Sülfat (SO ₄)	24	32	43	*	37	29	29
Orto-fosfat (PO ₄ -P)	0	0	0	*	0	0	0
Toplam Azot (TN)	9.2	0	0	*	0.343	0	0
B2 Sülfat (SO ₄)	21	31	43	*	37	32	30
Orto-fosfat (PO ₄ -P)	0	0	0	*	0	0	0
Toplam Azot (TN)	9.08	0	0	*	0.517	0	0
B3 Sülfat (SO ₄)	21	29	46	*	34	31	27
Orto-fosfat (PO ₄ -P)	0	0	0	*	0	0	0
Toplam Azot (TN)	11.4	0	0	*	0	0	0
B5 Sülfat (SO ₄)	29	31	48	*	48	35	23
Orto-fosfat (PO ₄ -P)	0	0	0	*	0	0	0
Toplam Azot (TN)	8.28	0	0	*	0	0	0
MSON Sülfat (SO ₄)	24	35	45	*	41	31	38
Orto-fosfat (PO ₄ -P)	0	0	0	*	0	0	0
Toplam Azot (TN)	9.78	1.02	0	*	0.827	0	1.03

* : Ölçüm noktalarına ulaşım zodyak bot ile sağlandığından bot arızası nedeniyle ulaşım sağlanamadı.

Ek Tablo - 53. Artvin Çoruh Üniversitesi 2011.F10.02.13 nolu BAP projesi bilgileri

Evrak Tarih ve Sayısı: 08/01/2016-E.127



T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü

Sayı : 75512070-604.01.03-
Konu : Proje Hk.

İLGİLİ MAKAMA

2011.F10.02.13 nolu "Godrahav Deresi Havzasında Meydana Gelen Toprak Kaybı ve Sediment Veriminin WEPP Erezyon Tahmin Modeli ve CBS Teknikleri Kullanılarak Belirlenmesi" isimli Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi (AÇÜ-BAP) 2015 yılı içerisinde tamamlanmış olup, ilgili proje bilgileri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Gereği bilgilerinize arz/rica olunur.

Proje Yürütücüsü	Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÖZALP
Proje Araştırmacısı	Yrd. Doç. Dr. Esin ERDOĞAN YÜKSEL
Proje Araştırmacısı	Ar. Gör. Saim YILDIRIMER
Proje Başlama Tarihi	20.06.2011
Proje Bitiş Tarihi	14.07.2015
Proje Bütçesi –TL.	6.800,00

Yrd. Doç. Dr. Mustafa Çağatay KORKMAZ
Koordinatör

Mevcut Elektronik İmzalar

MUSTAFA ÇAĞATAY KORKMAZ, (Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü - Koordinatör) 08/01/2016 15:36

Evrak Doğrulama İçin : http://ebydogrula.artvin.edu.tr/enVision-Sorgula/Validate_Doc.aspx?V=BENF8HEH

Ayrıntılı bilgi için irtibat: Serkan İrmak

Tel: +90 466 215 10 00

Faks:

E-Posta: artvincoruh@artvin.edu.tr

Elektronik ağı: <http://www.artvin.edu.tr/>



Bu belge 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununun 5. Maddesi gereğince güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

KAYNAKLAR

- Abbaspour, K. C., 2015. SWAT-CUP SWAT Calibration and Uncertainty Programs - A User Manual. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Duebendorf, Switzerland.
- AİGTHM, 2016. Artvin İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü 2016 Yılı Faaliyet Raporu. Artvin.
- Akgül, M. A. 2015. Aşağı Seyhan Ovası Sol Sahil Sulaması, Su ve Nitrat Bütçesinin Modellenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Akhavan, S., Abedi-Koupai, J., Mousavi, S.-F., Afyuni, M., Eslamian, S.-S. , Abbaspour, K. C., 2010. Application of SWAT model to investigate nitrate leaching in Hamadan–Bahar Watershed, Iran. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 139(4), 675-688. doi: 10.1016/j.agee.2010.10.015.
- Akın, M. , Akın, G., 2007. Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 47(2), 105-118.
- Akner, M. E. 2012. Nutrient Export Coefficient Modelling of the Melen Watershed Using Estimated Retention in the Water Body. (Doktora Tezi), Boğaziçi Üniversitesi, Ankara.
- Akner, M. E. , Akkoyunlu, A., 2012. Modeling and forecasting river flow rate from the Melen Watershed, Turkey. *Journal of Hydrology*, 456–457, 121-129. doi: 10.1016/j.jhydrol.2012.06.031.
- Akkaya Aslan, Ş. T., Gündoğdu, K. S. , Demir, A. O., 2004. Sayısal Yükseklik Modelinden Yararlanılarak Bazı Havza Karakteristiklerinin Belirlenmesi: Bursa Karacabey İnkaya Göleti Havzası Örneği. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 167-180.
- Aksoy, A., Bulut, E. , Yenilmez, F., 2006. Ulubat Gölü Ötrofikasyon Kontrolü için Maksimum Alıcı Ortam Fosfor Yüklerinin Belirlenmesi. TÜBİTAK, Ankara.
- Aküzüm, T., Çakmak, B. , Gökalp, Z., 2010. Türkiye’de Su Kaynakları Yönetiminin Değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1), 67-74.
- Aladağ, A., Çiçek, N. , Erul, G., 2008. Bütüncül Havza Yönetimi. III. Çevre Sorunları Kongresi, 16-18 Mayıs, İstanbul,
- Alpaslan, N. , Harmancıoğlu, N., 1993. Su Kalitesi Gözlem Ağlarının Tasarımında Temel Yaklaşımlar. Türkiye İnşaat Mühendisliği XII. Teknik Kongre Bildiriler Kitabı, 24-26 Mayıs, Ankara, 809-824.

- Alptekin, S. 2018. Ordu Akçaova Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Giresun Üniversitesi, Giresun.
- Anonim, 1985. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Atila İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı (1985-2004).
- Anonim, 2006a. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Artvin İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı (2006-2025).
- Anonim, 2006b. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Borçka Orman İşletme Müdürlüğü, Başköy İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı (2006-2025).
- Anonim, 2006c. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Borçka Orman İşletme Müdürlüğü, Borçka İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı (2006-2025).
- Anonim, 2006d. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Borçka Orman İşletme Müdürlüğü, Göktepe İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı (2006-2025).
- Anonim, 2006e. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Borçka Orman İşletme Müdürlüğü, Kabaca İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı (2006-2025).
- Anşin, R., 1983. Türkiye'nin Flora Bölgeleri ve Bu Bölgelerde Yayılan Asal Vejetasyon Tipleri (The Floristic Regions and the Major Vegetation Types of Turkey). Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 6(2), 318-339.
- Ardıçoğlu, M., Gemici, E., Özdin, S., 2011. Doğal Akarsularda Debinin Belirlenmesi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 4(2), 73-77.
- Arnold, J. G., Moriasi, D. N., Gassman, P. W., Abbaspour, K. C., White, M. J., Srinivasan, R., Santhi, C., Harmel, R. D., van Griensven, A., Van Liew, M. W., Kannan, N., Jha, M. K., 2012. Swat: Model Use, Calibration, and Validation. Transactions of the American Society of Civil Engineers, 76(5), 1491-1508.
- Arnold, J. G., Srinivasan, R., Mutiah, R. S., Williams, J. R., 1998. Large Area Hydrologic Modeling and Assessment Part I: Model Development. Journal of the American Water Resources Association, 34(1), 73-89.
- Atea, E., Kadak, A. E., Sönmez, A. Y., 2017. Germeçtepe Baraj Gölünün (Kastamonu-Daday) Bazı Fiziko-kimyasal Su Kalite Parametrelerinin İncelenmesi. Alinteri Ziraat Bilimler Dergisi, 32(1), 55-68. doi: 10.28955/alinterizbd.316483.
- Azgın, Ş. T. 2015. Palas Ovası'nda Arazi Örtüsü Değişimlerinin Belirlenmesi ve Yayılı Kirlenici Yüklerin SWAT ile Modellenmesi. (Doktora Tezi), Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Balcı, A. N. 1996. Toprak Koruması (Vol. 439). İstanbul: İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları.

- Barlow, M. 2009. Blue Covenant: The Global Water Crisis and the Coming Battle for the Right to Water. İstanbul.
- Ben Othman, D. , Gueddari, M., 2013. Hydrological study of the water quality of the Beja River according to the SWAT model. *Desalination and Water Treatment*, 52(10-12), 2047-2056. doi: 10.1080/19443994.2013.872053.
- Ben Salah, N. C. , Abida, H., 2016. Runoff and sediment yield modeling using SWAT model: case of Wadi Hatab basin, central Tunisia. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(11). doi: 10.1007/s12517-016-2607-3.
- Bicknell, B. R., Imhoff, J., Kittle, J., Jobs, T. , Donigian, A. S., 2000. Hydrological Simulation Program – Fortran User’s Manual. Release 12, US EPA.
- Bilgin, A., 2015. Borçka Baraj Gölü Su Kalitesinin Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemle Değerlendirilmesi. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(2), 287-293.
- Bilgin, A. , Konanç, M. U., 2016. Evaluation of surface water quality and heavy metal pollution of Coruh River Basin (Turkey) by multivariate statistical methods. *Environmental Earth Sciences*, 75(12). doi: 10.1007/s12665-016-5821-0.
- Bilotta, G. S. , Brazier, R. E., 2008. Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Water Res*, 42(12), 2849-2861. doi: 10.1016/j.watres.2008.03.018.
- Birici, N., Karakaya, G., Şeker, T., Küçükyılmaz, M., Balcı, M., Özbey, N. , Güneş, M., 2017. Çoruh Nehri (Bayburt) Su Kalitesinin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine Göre Değerlendirilmesi. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 3(1), 54-64.
- Bosch, N. S., Evans, M. A., Scavia, D. , Allan, J. D., 2014. Interacting effects of climate change and agricultural BMPs on nutrient runoff entering Lake Erie. *Journal of Great Lakes Research*, 40(3), 581-589. doi: 10.1016/j.jglr.2014.04.011.
- Bren, L. 2015. *Forest Hydrology and Catchment Management*: Springer Netherlands.
- Briak, H., Moussadek, R., Aboumaria, K. , Mrabet, R., 2016. Assessing sediment yield in Kalaya gauged watershed (Northern Morocco) using GIS and SWAT model. *International Soil and Water Conservation Research*, 4(3), 177-185. doi: 10.1016/j.iswcr.2016.08.002.
- Carvalho-Santos, C., Monteiro, A. T., Azevedo, J. C., Honrado, J. P. , Nunes, J. P., 2017. Climate Change Impacts on Water Resources and Reservoir Management: Uncertainty and Adaptation for a Mountain Catchment in Northeast Portugal. *Water Resources Management*, 31(11), 3355-3370. doi: 10.1007/s11269-017-1672-z.
- Ceylan, S. 1995. Artvin Yöresinin Coğrafi Etüdü. (Doktora Tezi), Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

- Chandra, P., Patel, P. L., Porey, P. D. , Gupta, I. D., 2014. Estimation of sediment yield using SWAT model for Upper Tapi basin. *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, 20(3), 291-300. doi: 10.1080/09715010.2014.902170.
- Chang, M. 2012. *Forest Hydrology: An Introduction to Water and Forests*, Third Edition: CRC Press.
- Chaplot, V., 2005. Impact of DEM mesh size and soil map scale on SWAT runoff, sediment, and NO₃-N loads predictions. *Journal of Hydrology*, 312(1-4), 207-222. doi: 10.1016/j.jhydrol.2005.02.017.
- Chapman, D. 1996. *Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring - Second Edition (Second edition ed.)*. London, UK: UNESCO/WHO/UNEP.
- Clesceri, L. S., Greenberg, A. E. , Eaton, A. D. 1999. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (20th edition ed.)*. Washington, DC, USA: American Public Health Association.
- Cüceloğlu, G. 2013. *Darlık Havzasının Model Destekli Hidrolojik Analizi. (Yüksek Lisans Tezi)*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Çiftçi, M. 2015. *Seydisuyu (Eskişehir) Havzasında Su ve Sediment Kalitesinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi)*, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- D'Ambrosio, E., De Girolamo, A. M., Barca, E., Ielpo, P. , Rulli, M. C., 2017. Characterising the hydrological regime of an ungauged temporary river system: a case study. *Environ Sci Pollut Res Int*, 24(16), 13950-13966. doi: 10.1007/s11356-016-7169-0.
- Davie, T. 2008. *Fundamentals of Hydrology (Second edition ed.)*. New York: Routledge.
- Devi, G. K., Ganasri, B. P. , Dwarakish, G. S., 2015. A Review on Hydrological Models. *Aquatic Procedia*, 4, 1001-1007. doi: 10.1016/j.aqpro.2015.02.126.
- DHI, 2007. *Mike She User Guide*. DHI Software, Danimarka.
- Douglas-Mankin, K. R., Srinivasan, R. , Arnold, J. G., 2010. Soil and Water Assessment Tool (SWAT) Model: Current Developments and Applications. *Transactions of the Asabe*, 53(5), 1423-1431. doi: 10.13031/2013.34915.
- DPT. 2007. *Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013) Toprak ve Su Kaynaklarının Kullanımı ve Yönetimi (Vol. Yayın No: DPT:2718)*. Ankara: Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı.
- DSİ, 2007. *Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2007 Yılı Faaliyet Raporu*. Ankara.
- DSİ. 2015. *Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2015 Yılı Faaliyet Raporu*. Ankara.

- Durşen, M. , Yasun, B., 2012. Yeraltı Madenlerinde Bulunan Zararlı Gazlar ve Metan Drenajı. İSGÜM, Ankara.
- Duru, Ü., Arabi, M. , Wohl, E. E., 2017. Modeling stream flow and sediment yield using the SWAT model: a case study of Ankara River basin, Turkey. *Physical Geography*. doi: 10.1080/02723646.2017.1342199.
- Ediş, S. 2011. Yarı Kurak Havzalarda Düşük Akışların Analizi (Söğütözü Deresi ve Terme Çayı Havzaları Örneği). (Yüksek Lisans Tezi), Çankırı Karatekin Üniversitesi, Çankırı.
- Eminağaoğlu, Ö. 2015. Artvin'in Doğal Bitkileri. İstanbul: PROMAT.
- Engel, B., Storm, D., White, M., Arnold, J. , Arabi, M., 2007. A Hydrologic/Water Quality Model Application Protocol. *Journal of the American Water Resources Association*, 43(5), 1223-1236. doi: 10.1111/j.1752-1688.2007.00105.x.
- EPA. (2017). Water Research. Retrieved 11.06, 2017, from <https://www.epa.gov/water-research/water-research-publications>
- Epelde, A. M., Cerro, I., Sánchez-Pérez, J. M., Sauvage, S., Srinivasan, R. , Antigüedad, I., 2015. Application of the SWAT model to assess the impact of changes in agricultural management practices on water quality. *Hydrological Sciences Journal*, 1-19. doi: 10.1080/02626667.2014.967692.
- Erdoğan Yüksel, E. 2015. Borçka Barajı Yağış Havzası'nda Meydana Gelen Toprak Erozyonu ve Sediment Veriminin WEPP Erozyon Tahmin Modeli ve CBS Teknikleri Kullanılarak Belirlenmesi. (Doktora Tezi), Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin.
- Erol, A., 2006. Su Kaynaklarının Korunmasında Havza Yönetimi İlkelerinin Önemi. TMMOB Su Politikaları Kongresi, 21-23 Mart, Ankara,
- Ertürk, A. 2012. Managing the Effects of the Climate Change on Water Resources and Watershed Ecology. In M. Kumarasamy (Ed.), *Studies on Water Management Issues* (pp. 259-274): InTech.
- Ezz-Aldeen, M., Al-Ansari, N. , Knutsson, S., 2013. Application of Swat Model to Estimate the Sediment Load From the Left Bank of Mosul Dam. *Journal of Advanced Science and Engineering Research*, 3(1), 47-61.
- FAO. 2016. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). AQUASTAT. Retrieved 20 December, 2016, from http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm#maps
- Gassman, P. W., Reyes, M. R., Green, C. H. , Arnold, J. G., 2007. The soil and water assessment tool: Historical development, applications, and future research directions. *Transactions of the Asabe*, 50(4), 1211-1250.

- Gassman, P. W., Sadeghi, A. M. , Srinivasan, R., 2014. Applications of the SWAT Model Special Section: Overview and Insights. *J Environ Qual*, 43(1), 1-8. doi: 10.2134/jeq2013.11.0466.
- Gattinger, T. E., 1962. Explonatory Text of Geological Map of Turkey. MTA Publications.
- Gee, G., Bauder, J. , Klute, A. 1986. Particle-Size Analysis. *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. Madison WI, USA: Soil Science Society of America.
- Ghoraba, S. M., 2015. Hydrological modeling of the Simly Dam watershed (Pakistan) using GIS and SWAT model. *Alexandria Engineering Journal*, 54(3), 583-594. doi: 10.1016/j.aej.2015.05.018.
- Gölpınar, M. S. 2017. Yüzey Akışların SWAT Modeli ile Belirlenmesi: Akarsu Sulama Birliği Sahası Örneği. (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Görcelioğlu, E., 1976. Toprak Erozyonu ve Sedimentasyon. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 26(2), 105-116.
- Görcelioğlu, E., 1995. Havzalarda Orman ve Otlak Alanları Amenajmanının Su Verimine ve Kalitesine Etkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 42(1-2), 17-20.
- Gull, S., Ma, A. , Dar, A. M., 2017. Prediction of Stream Flow and Sediment Yield of Lolab Watershed Using SWAT Model. *Hydrology: Current Research*, 08(01). doi: 10.4172/2157-7587.1000265.
- Gupta, H. V., Sorooshian, S. , Yapo, P. O., 1999. Status of Automatic Calibration for Hydrologic Models: Comparison with Multilevel Expert Calibration. *Journal of Hydrologic Engineering*, 4(2), 135-143.
- Güler, Ç. 1997. Su Kalitesi. Ankara: Sağlık Bakanlığı.
- Güler, Ç. , Çobanoğlu, Z. 1994. Su Kirliliği. Ankara: T.C. Sağlık Bakanlığı.
- Gültekin, F., Ersoy, A. F., Hatipoğlu, E. , Celep, S., 2012. Determination of Water Quality Parameters in Wet Season of Surface Water in Trabzon. *Ekoloji*, 21(82), 77-88. doi: 10.5053/ekoloji.2011.8211.
- Gündoğdu, V. 1991. Special Design of Water Quality Monitoring Network. (Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Güngör, Ö. 2011. Aşağı Porsuk Çayı Havzasında Askıda Katı Madde Taşımının Belirlenmesi ve Modellenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Güngör, Ö. 2018. SWAT Modeli Kullanılarak Filyos Çayı Havzası'nın Hidrolojik Analizi. (Doktora Tezi), Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak.

- Güngör, Ö. , Göncü, S., 2013. Application of the soil and water assessment tool model on the Lower Porsuk Stream Watershed. *Hydrological Processes*, 27(3), 453-466. doi: 10.1002/Hyp.9228.
- Güzel, Ç. 2010. Application of SWAT Model in a Watershed in Turkey. (Master of Science Thesis), İstanbul Technical University, İstanbul.
- H-LANGE. (2014). Laboratuvarında Su Analizi Fotometrik ve Elektrokimyasal Cihazlar, Reaktifler ve Hizmetler.
- Haddeland, I., Heinke, J., Biemans, H., Eisner, S., Florke, M., Hanasaki, N., Konzmann, M., Ludwig, F., Masaki, Y., Schewe, J., Stacke, T., Tessler, Z. D., Wada, Y. , Wissler, D., 2014. Global water resources affected by human interventions and climate change. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 111(9), 3251-3256. doi: 10.1073/pnas.1222475110.
- Harmancıoğlu, N. B., Gül, A. , Fıstıkoğlu, O., 2002. Entegre Su Kaynakları Yönetimi. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 3(419), 29-39.
- Harper, D. 1992. Eutrophication of freshwaters, principles, problems and restoration. London, IK: Chapman and Hall.
- HEC, 2001. Hydrologic Modeling System HES-HMS, User's Manuel. US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, USA.
- HEC, 2016. HEC-RAS River Analysis System. US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, USA.
- Helton, J. C. , Davis, F. J., 2003. Latin hypercube sampling and the propagation of uncertainty in analyses of complex systems. *Reliability Engineering & System Safety*, 81(1), 23-69. doi: 10.1016/s0951-8320(03)00058-9.
- Hızal, A., Serengil, Y. , Özcan, M., 2008. Ekosistem Tabanlı Havza Planlama Metodolojisi ve Havza Çalışmalarında Yapılan Yanlış Uygulamalar. *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi*, 20-22 Mart, Ankara, 1-12.
- İmamoğlu, M. Z. 2017. Aktif Uzaktan Algılama Verileri Vve CBS Destekli Hidrolojik Model Kullanılarak Büyükçekmece Havzası'nın İncelenmesi. (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- İTASHY, 2005. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. *Resmi Gazete*, 17.02.2005(Sayı: 25730).
- JMP, 2007. JMP, Version 5.0. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Karaman, S. , Gökalp, Z., 2010. Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1), 59-66.
- Karaş, E. 2005. Küçükemalı ve Güvenç Havzalarının Su ve Sediment Verimlerine Göre Sürdürülebilir Yönetimi. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Ankara.

- Kasımoğlu, C. , Yılmaz, F., 2014. Tersakan Çayı'nın (Muğla, Türkiye) Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Araştırılması. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 16(2), 51-67.
- KB. 2014. Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018) Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği (Vol. Yayın No: KB:2886). Ankara: Kalkınma Bakanlığı.
- Kenanoğlu, M., Kömürcü, M. İ., Bayram, A., Yıldırım, Y. , Kenanoğlu, D., 2011. Borçka Barajı Rezervuar Alanında Askıdaki Katı Madde ve Bulanıklık Miktarının Tespiti. II. Su Yapıları Sempozyumu, 16-18 Eylül 2011, Diyarbakır, 233-240.
- Kent, R. , Belitz, K. 2004. Concentrations of dissolved solids and nutrients in water sources and selected streams of the Santa Ana Basin, California, October 1998-September 2001: US Department of the Interior, US Geological Survey.
- Keskin, T. E., Toptaş, S. , Ersöz, F., 2013. Kurşunlu Maden Alanı Çevresindeki Yeraltılarında Asit Kaya Drenajı ve İz Element Kirliliği. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 37(1), 1-25.
- Kibena, J., Nhapi, I. , Gumindoga, W., 2014. Assessing the relationship between water quality parameters and changes in landuse patterns in the Upper Manyame River, Zimbabwe. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 67-69, 153-163. doi: 10.1016/j.pce.2013.09.017.
- Kılıç, S., 2008. Küresel İklim Değişikliği Sürecinde Su Yönetimi. İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi(39), 161-186.
- Kim, D.-H. , Kim, S.-M., 2016. Evaluation of SWAT Model Applicability for Runoff Estimation in Nam River Dam Watershed. Journal of The Korean Society of Agricultural Engineers, 58(4), 9-19. doi: 10.5389/ksae.2016.58.4.009.
- Koralay, N. 2015. Solaklı Deresi Havzasında Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin Su Kalitesine Etkileri. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Köktürk, M. , Atamanalp, M., 2015. Tortum Çayı ve Kollarının (Erzurum/Türkiye) Su Kalitesi. Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research, 1(1), 49-49. doi: 10.17216/LimnoFish-5000090849.
- Köyceğiz, C. 2018. SWAT ve Yapay Zeka Metotları ile Akım Tahmini. (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Krysanova, V. , White, M., 2015. Advances in water resources assessment with SWAT—an overview. Hydrological Sciences Journal, 1-13. doi: 10.1080/02626667.2015.1029482.
- Lee, R. 1980. Forest Hydrology. New York, USA: Columbia University Press.
- Linsley, R. K., Kohler, M. A. , Paulhus, J. L. H. 1949. Applied Hydrology. New York: The McGraw-Hill Book Company, Inc.

- Madrid, Y. , Zayas, Z. P., 2007. Water sampling: Traditional methods and new approaches in water sampling strategy. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 26(4), 293-299. doi: 10.1016/j.trac.2007.01.002.
- McKay, M. D., Beckman, R. J. , Conover, W. J., 1979. Comparison of Three Methods for Selecting Values of Input Variables in the Analysis of Output from a Computer Code. *Technometrics*, 21(2), 239-245. doi: 10.1080/00401706.1979.10489755.
- Meaurio, M., Zabaleta, A., Uriarte, J. A., Srinivasan, R. , Antigüedad, I., 2015. Evaluation of SWAT models performance to simulate streamflow spatial origin. The case of a small forested watershed. *Journal of Hydrology*, 525, 326-334. doi: 10.1016/j.jhydrol.2015.03.050.
- Meynendonckx, J., Heuvelmans, G., Muys, B. , Feyen, J., 2006. Effects of watershed and riparian zone characteristics on nutrient concentrations in the River Scheldt Basin. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 3(3), 653-679.
- MGM. 2018. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Resmi İstatistikler. 2018, from <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=ARTVIN>
- Mishra, H., Denis, D. M., Suryavanshi, S., Kumar, M., Srivastava, S. K., Denis, A. F. , Kumar, R., 2017. Hydrological simulation of a small ungauged agricultural watershed Semrakalwana of Northern India. *Applied Water Science*, 7(6), 2803-2815. doi: 10.1007/s13201-017-0531-7.
- Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D. , Veith, T. L., 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the Asabe*, 50(3), 885-900.
- Mosley, L. M., 2015. Drought impacts on the water quality of freshwater systems; review and integration. *Earth-Science Reviews*, 140, 203-214. doi: 10.1016/j.earscirev.2014.11.010.
- MTA, 2002. 1/500.000 Ölçekli Jeoloji Haritaları.
- Mualem, Y., 1986. Hydraulic conductivity of unsaturated soils: prediction and formulas. *Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods*, 799-823.
- Muluk, Ç. B., Kurt, B., Turak, A., Türker, A., Çalışkan, M. A., Balkız, Ö., Gümrükçü, S., Sarıgül, G. , Zeydanlı, U. 2013. Türkiye’de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif: İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği - Doğa Koruma Merkezi.
- Muslu, A. V. 2015. Dünya'da ve Türkiye'de Suyun Fiyatlandırılması. (Uzmanlık Tezi), Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.

- Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R. , Williams, J. R. 2011. Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009. Texas A&M University, Texas, USA.
- Nerantzaki, S. D., Giannakis, G. V., Nikolaidis, N. P., Zacharias, I., Karatzas, G. P. , Sibetheros, I. A., 2016. Assessing the Impact of Climate Change on Sediment Loads in a Large Mediterranean Watershed. *Soil Science*, 181(7), 306-314. doi: 10.1097/ss.000000000000164.
- Oeurng, C., Sauvage, S. , Sánchez-Pérez, J.-M., 2011. Assessment of hydrology, sediment and particulate organic carbon yield in a large agricultural catchment using the SWAT model. *Journal of Hydrology*, 401(3-4), 145-153. doi: 10.1016/j.jhydrol.2011.02.017.
- Oki, T. , Kanae, S., 2006. Global hydrological cycles and world water resources. *Science*, 313(5790), 1068-1072. doi: 10.1126/science.1128845.
- OSİB. 2012. Ulusal Su Kalitesi Yönetimi Strateji Belgesi (2012-2023). Ankara: Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- OSİB. 2014. Ulusal Havza Yönetim Stratejisi (2014-2023). Ankara: Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- Ouyang, W., Jiao, W., Li, X., Giubilato, E. , Critto, A., 2016. Long-term agricultural non-point source pollution loading dynamics and correlation with outlet sediment geochemistry. *Journal of Hydrology*, 540, 379-385. doi: 10.1016/j.jhydrol.2016.06.043.
- Özalp, M., Erdoğan Yüksel, E. , Yıldırım, S., 2017. Subdividing Large Mountainous Watersheds into Smaller Hydrological Units to Predict Soil Loss and Sediment Yield Using the GeoWEPP Model. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26(5). doi: 10.15244/pjoes/69171.
- Özcan, Z., Baskan, O., Düzgün, H. S., Kentel, E. , Alp, E., 2017. A pollution fate and transport model application in a semi-arid region: Is some number better than no number? *Sci Total Environ*, 595, 425-440. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.03.240.
- Özdemir, A. 2016. Hierarchical Approach to Semi-Distributed Hydrological Model Calibration. (Doktora Tezi), Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Özyuvacı, N., 1993. Su Kalitesinin Tayininde Kullanılan Parametreler ve Orman Ekosistemleri ile Ormancılık Uygulamalarının Bunlar Üzerindeki Etkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 43(1-2), 69-84.
- Paçal, M. 2017. Hydrological and Water Quality Modeling Of Ergene River Basin. (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Pandey, A., Himanshu, S. K., Mishra, S. K. , Singh, V. P., 2016. Physically based soil erosion and sediment yield models revisited. *Catena*, 147, 595-620. doi: 10.1016/j.catena.2016.08.002.

- Pandey, A., Lalrempuia, D. , Jain, S. K., 2015. Assessment of hydropower potential using spatial technology and SWAT modelling in the Mat River, southern Mizoram, India. *Hydrological Sciences Journal*, 60(10), 1651-1665. doi: 10.1080/02626667.2014.943669.
- Panhalkar, S. S., 2014. Hydrological modeling using SWAT model and geoinformatic techniques. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 17(2), 197-207. doi: 10.1016/j.ejrs.2014.03.001.
- Rodríguez-Blanco, M. L., Arias, R., Taboada-Castro, M. M., Nunes, J. P., Keizer, J. J. , Taboada-Castro, M. T., 2016. Sediment Yield at Catchment Scale Using the SWAT (Soil and Water Assessment Tool) Model. *Soil Science*, 181(7), 326-334. doi: 10.1097/ss.0000000000000158.
- Rowell, D. L. 2014. *Soil Science: Methods & Applications*: Taylor & Francis.
- Saad, I. B. I. 2018. Karaçomak Barajı Havzasında Bazı Su Kalitesi Parametrelerine Yapay Sinir Ağı (YSA) Tekniklerinin Uygulanması. (Doktora Tezi), Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu.
- Sağlam, E. S. 2007. Murgul (Artvin) Bakır Madeni'nin Çevresel Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Santhi, C., Kannan, N., Arnold, J. G. , Di Luzio, M., 2008. Spatial Calibration and Temporal Validation of Flow for Regional Scale Hydrologic Modeling1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 44(4), 829-846. doi: 10.1111/j.1752-1688.2008.00207.x.
- SEI, 2011. *WEAP User Manual*. Stockholm Environment Institute, USA.
- Serdar, S. 2015. Doğu Karadeniz Havzası Akarsularının Fiziko-Kimyasal Su Kalitesi Mevsimsel Değişimlerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize.
- Sharp, W. E., 1970. Stream Order as a Measure of Sample Source Uncertainty. *Water Resources Research*, 6(3), 919-926. doi: 10.1029/WR006i003p00919.
- Shields, M. D. , Zhang, J., 2016. The generalization of Latin hypercube sampling. *Reliability Engineering & System Safety*, 148, 96-108. doi: 10.1016/j.ress.2015.12.002.
- Sigleo, A. C. , Frick, W. E., 2007. Seasonal variations in river discharge and nutrient export to a Northeastern Pacific estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73(3-4), 368-378. doi: 10.1016/j.ecss.2007.01.015.
- Silva, M., Vieira de Azevedo, P., Rodrigues da Silva, V., Da Nobrega Silva, B. K., Batista Mariano, E. , Basílio Amorim, M. R., 2017. Estimativa da produção de sedimentos na bacia hidrográfica do submédio rio São Francisco. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 2(3), 203. doi: 10.24221/jeap.2.3.2017.1430.203-211.

- Silva, R. M. d., Henrique, I. G. N. , Cazé, J. F., 2018. Simulation of Land Use/Land Cover Change and its Effects on the Runoff-Erosion Characteristic in the Catcment of Caatinga Biome. *Revista de Geografia (Recife)*, 35(1), 158-179.
- Silva, V. D. P. R. D., Silva, M. T. , Souza, E. P. D., 2016. Influence of land use change on sediment yield: A case study of the sub-middle of the São Francisco River basin. *Engenharia Agrícola*, 36(6), 1005-1015. doi: 10.1590/1809-4430-eng.agric.v36n6p1005-1015/2016.
- Sivakumar, B., 2006. Suspended sediment load estimation and the problem of inadequate data sampling: a fractal view. *Earth Surface Processes and Landforms*, 31(4), 414-427. doi: 10.1002/esp.1273.
- SKKY, 2004. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği. *Resmi Gazete*, 31.12.2004(Sayı: 25687).
- Smith, K. A. , Mullins, C. E. 2000. *Soil and Environmental Analysis. Physical Methods (Second Edition ed.)*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Solak, C. N. 2003. Akçay (Muğla-Denizli)'nin Fiziko-Kimyasal ve Epilitik Alg Florası Yönünden İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Muğla Üniversitesi, Muğla.
- Song, X., Zhang, J., Zhan, C., Xuan, Y., Ye, M. , Xu, C., 2015. Global sensitivity analysis in hydrological modeling: Review of concepts, methods, theoretical framework, and applications. *Journal of Hydrology*, 523, 739-757. doi: 10.1016/j.jhydrol.2015.02.013.
- Sönmez, F. Y. 2015. Karmuç Çayı Su Kalitesinin İzlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- Sparks, D., Page, A., Helmke, P. , Loeppert, R. 1996. *Methods of Soil Analysis. Part 3 – Chemical Methods*. Madison, WI, USA: Soil Science Society of America.
- Strauch, M., Bernhofer, C., Koide, S., Volk, M., Lorz, C. , Makeschin, F., 2012. Using precipitation data ensemble for uncertainty analysis in SWAT streamflow simulation. *Journal of Hydrology*, 414-415, 413-424. doi: 10.1016/j.jhydrol.2011.11.014.
- Şahin, B. 2016. Küresel Bir Sorun: Su Kıtlığı ve Sanal Su Ticareti. (Yüksek Lisans Tezi), Hitit Üniversitesi, Çorum.
- Şengün, E. 2013. Aksu Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Giresun Üniversitesi, Giresun.
- Tanyolaç, J. 2011. *Limnoloji (6. baskı ed.)*. ankara: Hatiboğlu Yayınevi.
- Taşdemir, M. , Göksu, Z. L., 2001. Asi Nehri'nin (Hatay, Türkiye) Bazı Su Kalite Özellikleri. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 18(1-2), 55-64.
- Tepe, Y., 2009. Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) Su Kalitesinin Belirlenmesi. *Ekoloji*, 18(70), 38-46.

- Thawait, A. K. , Chauhan, M. S., 2015. Sediment Yield Modelling of Mohgaon Watershed of Narmada River Basin using SWAT Model. *International Journal of Engineering and Technical Research*, 3(2), 238-241.
- Thodsen, H., Farkas, C., Chormanski, J., Trolle, D., Blicher-Mathiesen, G., Grant, R., Engebretsen, A., Kardel, I. , Andersen, H., 2017. Modelling Nutrient Load Changes from Fertilizer Application Scenarios in Six Catchments around the Baltic Sea. *Agriculture*, 7(5), 41. doi: 10.3390/agriculture7050041.
- Tunç Dede, Ö. , Sezer, M., 2017. Aksu Deresi Su Kalitesinin Belirlenmesinde Kanada Su Kalitesi İndeks (Cwqi) Modelinin Uygulanması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3). doi: 10.17341/gazimmfd.337643.
- TÜİK, 2017. Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) Veri Tabanı, Şehir, Belde ve Köy Nüfusları.
- Türkyılmaz, A. 2010. Dünyada ve Ülkemizde Su. Ankara: Türkiye Belediyeler Birliği.
- Tzoraki, O., Nikolaidis, N. P., Cooper, D. , Kassotaki, E., 2014. Nutrient mitigation in a temporary river basin. *Environ Monit Assess*, 186(4), 2243-2257. doi: 10.1007/s10661-013-3533-4.
- USGS. (2016a). Global water distribution. Retrieved December 21, 2016, from <http://water.usgs.gov/edu/watercyclesummary.html>
- USGS. (2016b). The Water Cycle. Retrieved December 21, 2016, from <http://water.usgs.gov/edu/watercyclesummary.html>
- Uyduranoğlu, A. , Aksoy, A. 2014. Türkiye'nin Su Riskleri Raporu (B. Dural Ed.). İstanbul: WWF-Türkiye.
- Viessman, W. , Lewis, G. L. 2002. *Introduction to Hydrology* (5th Edition ed.): Pearson.
- WHO. 2011. *Guidelines for Drinking-Water Quality* (4th edition ed.).
- Winchell, M., Srinivasan, R., Di Luzio, J. , Arnold, J. 2010. *ArcSWAT Interface for SWAT2009 User's Guide*. Texas, ABD.
- WRG, 2009. *Charting Our Water Future, Economic frameworks to inform decision-making*.
- Wu, Y., Shi, X., Li, C., Zhao, S., Pen, F. , Green, T., 2017. Simulation of Hydrology and Nutrient Transport in the Hetao Irrigation District, Inner Mongolia, China. *Water*, 9(3), 169. doi: 10.3390/w9030169.
- WWAP. 2015. *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*. Paris: UNESCO.
- Xu, C.-y. 2002. *Hydrologic Models*: Uppsala University.

- Yang, C. T., 1996. Sediment Transport: Theory and Practice.
- Yang, J., Reichert, P., Abbaspour, K. C., Xia, J. , Yang, H., 2008. Comparing uncertainty analysis techniques for a SWAT application to the Chaohe Basin in China. *Journal of Hydrology*, 358(1-2), 1-23. doi: 10.1016/j.jhydrol.2008.05.012.
- Yaykiran, S. 2016. Sakarya Havzası'nın Yüksek Çözünürlüklü Hidrolojik Modelinin Yapılandırılması. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Yesuf, H. M., Assen, M., Alamirew, T. , Melesse, A. M., 2015. Modeling of sediment yield in Maybar gauged watershed using SWAT, northeast Ethiopia. *Catena*, 127, 191-205. doi: 10.1016/j.catena.2014.12.032.
- Young, R. A., Onstad, C. A., Bosch, D. D. , Anderson, W. P., 1989. AGNPS - a Nonpoint-Source Pollution Model for Evaluating Agricultural Watersheds. *Journal of Soil and Water Conservation*, 44(2), 168-173.
- YSKY, 2015. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği. Resmi Gazete, 30.11.2012(Sayı: 28483).
- Yuksel, A., Akay, A. E., Gundogan, R., Reis, M. , Cetiner, M., 2008. Application of GeoWEPP for Determining Sediment Yield and Runoff in the Orcan Creek Watershed in Kahramanmaraş, Turkey. *Sensors (Basel)*, 8(2), 1222-1236. doi: 10.3390/s8021222.
- Yüksel, İ., Sandalcı, M., Çeribaşı, G. , Yüksek, Ö., 2011. Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkileri. 7. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 20-23 Kasım 2011, Trabzon, 51-58.
- Zeybek, M. , Kalyoncu, H., 2016. The determination of water quality of Kargı Stream (Antalya, Turkey) in terms of physicochemical parameters. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 33(3), 223. doi: 10.12714/egejfas.2016.33.3.06.
- Zhang, D., Chen, X. , Yao, H., 2016. SWAT-CS(enm): Enhancing SWAT nitrate module for a Canadian Shield catchment. *Sci Total Environ*, 550, 598-610. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.01.109.

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : YILDIRIMER, Saim
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve Yeri : 10/10/1985 – Tufanbeyli/ADANA
Medeni Hali : Evli
Telefon : 0 (536) 465 30 46
Faks : --
e-mail : saim_y@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Başlangıç-Bitiş
Doktora	Artvin Çoruh Ün./Orman Mühendisliği Anabilim Dalı	2014 –
Yüksek Lisans	Artvin Çoruh Ün./Orman Mühendisliği Anabilim Dalı	2010 – 2013
Lisans	K.Maraş Sütçü İmam Ün./Orman Mühendisliği Bölümü	2003 – 2007
Lise	Kozanoğlu Lisesi/ADANA	1999 – 2002

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2010 – ...	Artvin Çoruh Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

- Özalp, M., Erdoğan Yüksel, E., **Yıldırım, S.**, 2017. Subdividing Large Mountainous Watersheds into Smaller Hydrological Units to Predict Soil Loss and Sediment Yield Using the GeoWEPP Model. Polish Journal of Environmental Studies, 26(5). doi: 10.15244/pjoes/69171.
- Yıldırım, S.**, Demirci, U., 2017. Applicability of Payments for Ecosystem Services Mechanism in Water Resources Protection in Turkey. International Journal of Ecosystems and Ecology Sciences (IJEES), 7(2), 251-262.
- Demirci, U., Çavdar, B., **Yıldırım, S.**, 2017. Public Opinion About Effects of Energy Investments in Artvin, Turkey. International Journal of Ecosystems and Ecology Sciences (IJEES), 7(2), 371-386.
- Yıldırım, S.**, Özalp, M., Erdoğan Yüksel, E., 2016. SRTM ve Topoğrafik Harita Verileri Kullanılarak Artvin İlindeki Yağış Havzalarının Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 2(2), 71-80.
- Erdoğan Yüksel, E., Özalp, M., **Yıldırım, S.**, 2016. Using a Geospatial Interface (GeoWEPP) to Predict Soil Loss, Runoff and Sediment Yield of Kokolet Creek Watershed. International Journal of Ecosystems and Ecology Sciences (IJEES), 6(3), 437-442.
- Erdoğan Yüksel, E., Özalp, M., **Yıldırım, S.**, 2016. Using a Geospatial Interface (GeoWEPP) to Predict Soil Loss, Runoff and Sediment Yield of Kokolet Creek Watershed. International Conference of Ecosystems (ICE2016), June 03-06, 2016, Tirana, ALBANIA, 703-708.
- Erdoğan Yüksel, E., Özalp, M., **Yıldırım, S.**, 2016. Using GeoWEPP Interface to Determine Runoff, Soil Loss and Sediment Yield Generated from Düz Creek Watershed in Artvin. International Forestry Symposium (IFS 2016), 7-10 December, Kastamonu, Turkey, 97.
- Özalp, M., Dehşet, F., Turgut, B., **Yıldırım, S.**, İnanlı, E., 2015. Tahrip Edilmiş Eğimli Arazilerde Teraslama ve Ağaçlandırma Çalışmalarının Toprak Özelliklerini İyileştirmedeki Rolü. Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 1(1-2), 74-88.
- Özalp, M., **Yıldırım, S.**, Erdoğan Yüksel, E., 2015. Environmental and Social Effects of Both Large Dams and Run-of-River Hydroelectric Power Plants within the Coruh River Watershed in Artvin, Turkey. New Frontiers in Environmental and Water Management, March 19-21, Kavala, Greece, 100-108.
- Yıldırım, S.**, Özalp, M., Erdoğan Yüksel, E., 2015. Büyük Baraj Projeleri ve Bağlantılı Yol İnşaatları Sonucunda Çoruh Nehri Havzasında Oluşan Arazi

Kayıplarının ve Tahribatlarının Belirlenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 16(1), 1-17.

Yıldırım, S., Özalp, M., Erdoğan Yüksel, E., 2014. Çoruh Nehri Üzerindeki Baraj Projelerinin Neden Olduğu Arazi Kullanım Değişiminin Corine Arazi Örtüsü ve Meşcere Haritaları Kullanılarak Belirlenmesi. I. Ulusal Havza Yönetimi Sempozyumu, 10-12 Eylül 2014, Çankırı, 60-67.

Özalp, M., Turgut, B., Erdoğan Yüksel, E., **Yıldırım, S., 2013.** Changes on Soil Properties Associated with Soil Depth in Eroded Areas: A Case Study of Pamukcular Watershed. International Caucasian Forestry Symposium, 24-26 October, Artvin, 103-107.

Turgut, B., Özalp, M., **Yıldırım, S., 2013.** Determining of Spatial Variability of Penetration Resistance and Particle and Particle Size Distribution in Sediment Deposition. International Caucasian Forestry Symposium, 24-26 October, Artvin, 167-172.

Yıldırım, S. (2013). Çoruh Nehri Üzerinde Tamamlanan, İnşası Devam Eden ve Planlanan Büyük Barajların Neden Olduğu ve Olacağı Arazi Kullanım Değişimlerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin.

Özalp, M., Erdoğan Yüksel, E., **Yıldırım, S., 2012.** CBS Yardımı ile Çoruh Nehri Üzerinde Planlanan Baraj ve Yol Projelerinin Neden Olacağı Arazi Kullanım Değişiminin ve Arazi Tahribatının Belirlenmesi. IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2012), 16-19 Ekim 2012, Zonguldak.

Özalp, M., Coşkun, H., Turgut, B., **Yıldırım, S., 2012.** Effects of a Run-of-River Type Hydroelectric Power Plant on Forest and River Ecosystems: A Case Study in Artvin, Turkey. IUFRO 7.01.08 Hydroecology Conference on "Forest-Water Interactions with respect to Air Pollution and Climate Change", September 3-6, Kahramanmaraş.

Özalp, M., Kurdoğlu, O., Erdoğan Yüksel, E., **Yıldırım, S., 2010.** Artvin'de Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin Neden Olduğu/Olacağı Ekolojik ve Sosyal Sorunlar. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs 2010, Artvin, 677-687.