

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



TRABZON

ÖNSÖZ

“Trabzon Akarsularında Askıda Katı Madde Konsantrasyonunun Mekana ve Zamana Bağlı Değişiminin İncelenmesi ve Modellenmesi” başlıklı çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile yol gösteren gerek lisans gerekse de lisans üstü eğitimim sırasında öğrencisi olduğum ilminden faydalandığım, öğrencisi olmaktan onur duyduğum, doktora tezimin hazırlanması esnasında tecrübelerinden faydalanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabrından ötürü değerli danışman hocam Prof. Dr. Sn. Ömer YÜKSEK’e sonsuz teşekkür eder saygılarımı sunarım. Doktora tez konumun belirlenmesinde katkısı bulunan Doç. Dr. Sn. Adem BAYRAM’a teşekkür ederim. Tez çalışmamın arazi ve laboratuvar kısımlarında yardımlarını esirgemeyen mesai arkadaşlarım ve kıymetli dostlarım başta Arş. Gör. Betül METE olmak üzere, Arş. Gör. Ümit BAHADIR, Arş. Gör. Ali Fuat GENÇ, Arş. Gör. Yusuf YANIK, Arş. Gör. Erman ÇAVDAR, Betül Sezanur TOKGÖZ, Burhan GÜNAYDIN, Faik ALTINIŞIK, Oğuz KIRCI ve Hidrolik Laboratuvarı Teknisyeni Sn. Yüksek HARDAL’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmamın değerlendirilmesi için kıymetli vakitlerini ayırıp yardımlarını esirgemeyen tez izleme komitesi üyeleri Prof. Dr. Sn. Ercan KÖSE, Dr. Öğr. Üyesi Sn. Tuğçe ANILAN ile tezimi değerlendiren hocalarım Prof. Dr. Sn. Basri ERTAŞ ve Doç. Dr. Sn. Veli SÜME’ye teşekkürü borç bilirim.

Tez çalışmam sırasında karşılaştığım problemlerin çözümünde göstermiş olduğu fedakârlıktan dolayı Dr. Öğr. Sn. Üyesi Sinan NACAR’a, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan kıymetli hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Sn. Hasan Basri BAŞAĞA, Prof. Dr. Sn. Kemal HACİEFENDİOĞLU ve Prof. Dr. Sn. Volkan KAHYA’ya çok teşekkür ederim. Ayrıca ilk öğretmenim Sn. Fatma YALÇIN’a da sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak bu yoğun ve zorlu süreçte desteklerini hiçbir zaman esirgemeyip hayatım boyunca maddi ve manevi yönden her türlü destekte bulunan ve bu günlere gelme sebebim olan aileme desteklerinden ve sabırlarından ötürü teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışmanın bilime, bölgemize ve ülkemize yararlı olmasını dilerim.

Osman Tuğrul BAKİ

Trabzon 2023

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Trabzon Akarsularında Askıda Katı Madde Konsantrasyonunun Mekana ve Zamana Bağlı Değişiminin İncelenmesi ve Modellenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Ömer YÜKSEK’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. 13/09/2023

Osman Tuğrul BAKİ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Literatür Araştırması	7
1.2.1. Akarsularda Askıda Katı Madde Takibine Yönelik Çalışmalar	8
1.2.2. Uzaktan Algılama ile Askıda Katı Madde Tespitine Yönelik Çalışmalar	14
1.2.3. Askıda Katı Madde Tahminine Yönelik Çalışmalar	16
1.3. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	20
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	22
2.1. Çalışma Alanı.....	22
2.1.1. Galanima Havzası	25
2.1.2. Değirmendere Havzası	29
2.1.3. Yomra Havzası.....	34
2.2. Çalışmanın Gerçekleştirildiği Dönem	39
2.3. Akarsularda Gerçekleştirilen Ölçümler ve Örneklemeler	43
2.3.1. Akarsulardan Ham Su Örneklerinin Alınması ve Muhafazası.....	43
2.3.2. Ham Su Örneklerinin Filtre Edilmesi	44
2.3.3. Askıda Katı Madde Tayini	45
2.3.4. Debi Tayini	46
2.3.5. Bulanıklık Ölçümü	48
2.3.6. Akarsu Yüzeyinden Görüntü Alınması.....	49
2.4. Askıda Katı Madde Konsantrasyonunun Sınıflandırılması ve Tahminine Yönelik Gerçekleştirilen Çalışmalar	50

2.4.1. Derin Öğrenme.....	50
2.4.2. Evrişimli Sinir Ağları.....	51
2.4.3. Çoklu Regresyon Analizi	53
2.4.4. Çok Değişkenli Uyarlanabilir Regresyon Eğrileri Yöntemi	54
2.4.5. Yapay Sinir Ağları	56
2.5. Askıda Katı Madde Konsantrasyonunun Sınıflandırmasında Kullanılan Veri Gruplarının Analizi ve Performans Değerlendirme Kriterleri.....	58
2.6. Askıda Katı Madde Konsantrasyonunun Tahmini için Kurulan Modeller ve Performans Değerlendirme Kriterleri.....	60
3. BULGULAR.....	62
3.1. Arazi ve Laboratuvar Çalışmalarından Elde Edilen Bulgular	62
3.2. Askıda Katı Maddde Konsantrasyonunun Sınıflandırılmasına Yönelik Bulgular.....	71
3.3. Askıda Katı Madde Konsantrasyonunun Tahmini için Kurulan Modellemelere ait Bulgular	72
4. İRDELEME	84
4.1. Arazi ve Laboratuvar Çalışmalarından Elde Edilen Bulguların İrdelenmesi.....	84
4.1.1. Askıda Katı Madde Konsantrasyonunun Akarsularda Yıllık ve Mevsimsel Değişimi	84
4.1.2. Akarsu Debinin Yıllık ve Mevsimsel Değişimi	96
4.1.3. Askıda Katı Madde Yükünün Yıllık ve Mevsimsel Değişimi	99
4.1.4. Bulanıklık Değerlerinin Mevsimsel Değişimi	101
4.1.5. Askıda Katı Madde Konsantrasyonunun Gün Doğumu ve Gün Ortası Zaman Dilimlerinde Değişimi.....	107
4.2. Askıda Katı Madde Konsantrasyonunun Sınıflandırılmasına ait Sonuçların İrdelenmesi	108
4.3. Askıda Katı Madde Tahmini için Kurulan Modellemelerin İrdelenmesi	109
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	114
6. KAYNAKLAR	118
7. EKLER.....	127
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Doktora Tezi

TRABZON AKARSULARINDA ASKIDA KATI MADDE KONSANTRASYONUNUN MEKANA VE ZAMANA BAĞLI DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ VE MODELLENMESİ

Osman Tuğrul BAKİ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ömer YÜKSEK
2023, 126 Sayfa, 21 Sayfa Ek

Doğu Karadeniz Havzası sınırları içerisinde yer alan Galanima, Değirmendere ve Yomra akarsularında Aralık 2019 - Kasım 2022 tarihleri arasında membadan mansaba doğru olmak üzere dört toplamda 12 gözlem istasyonunda ayda iki kez 15 günlük periyotlarla askıda katı madde (AKM) taşınımı membadan mansaba doğru takip edilmiştir. Çalışma kapsamında debi (Q , m^3/s) ve AKM ham su örneklemeleri yerinde gerçekleştirilmiştir. Aralık 2021 - Kasım 2022 tarihlerini kapsayan dört mevsim boyunca yine ayda iki kez 15 günlük periyotlarla Galanima, Değirmendere ve Yomra havzalarında bulunan akım gözlem istasyonlarında debi ve AKM ölçümlerinin yanı sıra bulanıklık (T) takibine de yapılmıştır. İnsani faaliyetlerin AKM taşınımına olan etkilerini gözlemleyebilmek adına Değirmendere Akarsuyu özelinde Aralık 2021 ile Kasım 2022 tarihleri arasında haftalık periyotlarla gün doğumu (06:00-07:00) ve gün ortası (12:00-13:00) saatlerinde AKM, Q ve T parametrelerinin takibi gerçekleştirilmiştir. AKM örneklemeleri ile eş zamanlı olarak akarsu yüzey görüntüleri cep telefonu ile kayıt altına alınmış, AKM konsantrasyonlarına dayalı sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Son olarak da regresyon analizi, çok değişkenli uyarlanabilir regresyon eğrileri ve yapay sinir ağları (YSA) yöntemleri ile AKM tahmini gerçekleştirilmiş, YSA yöntemi ile kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Askıda Katı Madde, Değirmendere Havzası, Galanima Havzası, Yomra Havzası, Derin öğrenme, Çoklu regresyon analizi, Çok değişkenli uyarlanabilir regresyon eğrileri, Yapay sinir ağları.

SUMMARY

PhD. Thesis

INVESTIGATION AND MODELING OF SPATIAL AND TEMPORAL VARIATIONS OF TOTAL SUSPENDED SOLIDS CONCENTRATION IN TRABZON STREAMS

Osman Tuğrul BAKİ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Ömer YÜKSEK
2023, 126 Pages, 21 Pages Appendix

Total suspended solids (TSS) transport was monitored twice a month for 15-day periods between December 2019 and November 2022 at 12 observation stations in Galanima, Değirmendere and Yomra streams located within Trabzon province. Within the scope of the study, flow (Q , m^3/s) and TSS raw water sampling were carried out on-site. The change in the concentration of TSS from upstream to downstream along the watersheds was analyzed. During the four seasons between December 2021-November 2022, Q and TSS measurements as well as turbidity (T) monitoring were started at flow observation stations located in Galanima, Değirmendere and Yomra watersheds twice a month for 15-day periods. In order to observe the effects of human activities on TSS transport, TSS, Q and T parameters were monitored weekly at sunrise (06:00-07:00) and midday (12:00-13:00) in the Değirmendere Stream between December 2021-November 2022. Simultaneously with the TSS sampling, the stream surface images were recorded with a mobile phone and the classification based on TSS concentrations was performed. Finally, the estimation of TSS was performed by regression analysis, multivariate adaptive regression splines and artificial neural network (ANN) methods, and acceptable results were obtained with the ANN method.

Keywords: Total suspended solids, Değirmendere Basin, Galanima Basin, Yomra Basin, Deep learning, Regression analysis, Multivariate adaptive regression splines, Artificial neural networks.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.	Hidrolojik çevrim..... 2
Şekil 2.	Doğu Karadeniz Havzası genel görünümü 22
Şekil 3.	Çalışma alanı olarak seçilen havzaların genel görünümü..... 25
Şekil 4.	Galanima Havzası eğim ve yükselti haritaları 25
Şekil 5.	Galanima Havzası arazi kullanım sınıflandırması 26
Şekil 6.	Galanima Havzası akarsu ağı ve AKM gözlem istasyonları 26
Şekil 7.	G1 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (24.09.2020)..... 28
Şekil 8.	G2 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (06.06.2021)..... 28
Şekil 9.	G3 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (06.06.2021)..... 29
Şekil 10.	G4 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (06.07.2021)..... 29
Şekil 11.	Değirmendere Havzası eğim ve yükselti haritaları..... 30
Şekil 12.	Değirmendere Havzası arazi kullanım sınıflandırması..... 31
Şekil 13.	Değirmendere Havzası akarsu ağı ve AKM gözlem istasyonları 31
Şekil 14.	D1 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (17.01.2022)..... 32
Şekil 15.	D2 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (17.01.2022)..... 33
Şekil 16.	D3 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (17.01.2022)..... 33
Şekil 17.	D4 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (17.01.2022)..... 34
Şekil 18.	Yomra Havzası eğim ve yükselti haritaları..... 35
Şekil 19.	Yomra Havzası arazi kullanım sınıflandırması..... 35
Şekil 20.	Yomra Havzası akarsu ağı ve AKM gözlem istasyonları..... 36
Şekil 21.	Y1 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (17.01.2022)..... 37
Şekil 22.	Y2 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (19.09.2021)..... 37
Şekil 23.	Y3 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (19.09.2021)..... 38

Şekil 24.	Y4 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (27.05.2020).....	38
Şekil 25.	(a) Galanima Akarsuyu G2 AKM gözlem istasyonu (17.01.2022), (b) Yomra Akarsuyu Y1 AKM gözlem istasyonu (20.03.2022)	40
Şekil 26.	(a) Galanima Akarsuyu G2 AKM gözlem istasyonu (02.04.2022), (b) Değirmendere Akarsuyu D2 AKM gözlem istasyonu (02.04.2022).....	40
Şekil 27.	Galanima Akarsuyu G3 AKM gözlem istasyonu (a) 17.01.2022, (b) 02.04.2022	40
Şekil 28.	Değirmendere Akarsuyu D2 AKM gözlem istasyonu (a) 29.12.2022, (b) 02.04.2022	41
Şekil 29.	Yomra Akarsuyu Y1 AKM gözlem istasyonu (a) 17.04.2022, (b) 05.04.2022	41
Şekil 30.	Yomra Akarsuyu'nda akarsu kesitinde gerçekleştirilen taban düzeltme çalışmaları a) 11.06.2020, b) 26.06.2020	41
Şekil 31.	Değirmendere Akarsuyu'nda akarsu kesitinde gerçekleştirilen inşaat çalışmaları (07.01.2021)	42
Şekil 32.	a) Galanima Havzası çıkış noktasında çökelen malzemeler (23.01.2021) b) Galanima Akarsuyu'nda gerçekleştirilen taban düzeltme çalışmaları (18.11.2021).....	42
Şekil 33.	Yomra Akarsuyu'nda gerçekleştirilen taban düzeltme çalışmaları (22.05.2021).....	42
Şekil 34.	Akarsu kesiti boyunca gerçekleştirilen örneklemeler	43
Şekil 35.	Su örneklerinin muhafazası ve naklinde kullanılan numune kapları	44
Şekil 36.	Vakum pompası ve filtrasyon seti.....	45
Şekil 37.	Analitik hassas terazi	45
Şekil 38.	D22A154 Şinik AGİ	46
Şekil 39.	D22A086 Öğütlü AGİ.....	47
Şekil 40.	D22A133 Taşdelen AGİ	47
Şekil 41.	Kömürcü Mahallesi radar sensörlü seviye gözlem istasyonu	48
Şekil 42.	Hydrolab DS5 ve bulanıklık ölçümlerinin kayıt edildiği el terminali	49
Şekil 43.	Akarsu yüzey görüntülerinin kayıt edilmesi ve kayıt cihazı.....	50
Şekil 44.	ESA mimarisi.....	52
Şekil 45.	ÇDURE modelindeki temel fonksiyonlar	55
Şekil 46.	Yapay sinir ağı modeli	57
Şekil 47.	Galanima Havzası'nda ÇRA ile gerçekleştirilen memba istasyonu AKM (mg/L) tahmin modellerine ait zaman serisi.....	73
Şekil 48.	Galanima Havzası'nda ÇDURE ile gerçekleştirilen memba istasyonu AKM (mg/L) tahmin modellerine ait zaman serisi.....	73

Şekil 49.	Galanima Havzası'nda YSA ile gerçekleştirilen memba istasyonu AKM (mg/L) tahmin modellerine ait zaman serisi.....	74
Şekil 50.	Değirmendere Havzası'nda ÇRA ile gerçekleştirilen memba istasyonu AKM (mg/L) tahmin modeline ait zaman serisi.....	74
Şekil 51.	Değirmendere Havzası'nda ÇDURE ile gerçekleştirilen memba istasyonu AKM (mg/L) tahmin modeline ait zaman serisi.....	75
Şekil 52.	Değirmendere Havzası'nda YSA ile gerçekleştirilen memba istasyonu AKM (mg/L) tahmin modeline ait zaman serisi.....	76
Şekil 53.	Yomra Havzası'nda ÇRA ile gerçekleştirilen memba istasyonu AKM (mg/L) tahmin modeline ait zaman serisi.....	76
Şekil 54.	Yomra Havzası'nda ÇDURE ile gerçekleştirilen memba istasyonu AKM (mg/L) tahmin modeline ait zaman serisi.....	77
Şekil 55.	Yomra Havzası'nda YSA ile gerçekleştirilen memba istasyonu AKM (mg/L) tahmin modeline ait zaman serisi.....	78
Şekil 56.	G4 AKM gözlem istasyonu AKM (mg/L) tahmin modeline ait zaman serisi.....	79
Şekil 57.	Y4 AKM gözlem istasyonu AKM (mg/L) tahmin modeline ait zaman serisi.....	79
Şekil 58.	G2 AKM gözlem istasyonu Q-AKM (mg/L) tahmin modeline ait zaman serisi.....	80
Şekil 59.	D1 AKM gözlem istasyonu Q-AKM (mg/L) tahmin modeline ait zaman serisi.....	81
Şekil 60.	D3 AKM gözlem istasyonu gün doğumu AKM (mg/L) tahmin modellerine ait zaman serisi.....	81
Şekil 61.	D4 AKM gözlem istasyonu gün doğumu AKM (mg/L) tahmin modellerine ait zaman serisi.....	82
Şekil 62.	T-AKM (mg/L) tahmin modeline ait zaman serisi	83
Şekil 63.	Galanima Havzası AKM (mg/L)'nin yıllara göre membadan mansaba doğru mevsimsel değişimine ait kutu grafiği.....	85
Şekil 64.	Galanima Havzası ortalama AKM (mg/L)'nin yıllara göre membadan mansaba doğru mevsimsel değişimi.....	87
Şekil 65.	Değirmendere Havzası AKM (mg/L)'nin yıllara göre membadan mansaba doğru mevsimsel değişimine ait kutu grafiği.....	88
Şekil 66.	Değirmendere Havzası ortalama AKM (mg/L)'nin yıllara göre membadan mansaba doğru mevsimsel değişimi.....	90
Şekil 67.	Yomra Havzası AKM (mg/L)'nin yıllara göre membadan mansaba doğru mevsimsel değişimine ait kutu grafiği.....	92
Şekil 68.	Yomra Havzası AKM (mg/L)'nin yıllara göre membadan mansaba doğru mevsimsel değişimi	94
Şekil 69.	Galanima ve Değirmendere akarsularında debinin yıllara göre mevsimsel değişimi.....	97

Şekil 70.	Galanima Havzası'nda T'nin mevsimsel değişimi	101
Şekil 71.	Değirmendere Havzası'nda T'nin mevsimsel değişimi	103
Şekil 72.	Yomra Havzası'nda T'nin mevsimsel değişimi.....	105
Şekil 73.	2022 yılı Değirmendere Havzası'nda gündeşümü ve gün ortası ölçülen AKM konsantrasyonunun mevsimsel değişimi (mg/L)	108
Şekil 74.	Sınıflandırma modeli için sınıf tahmini ve olasılık sonuçları.....	109
Ek Şekil 1.	M-1 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri.....	140
Ek Şekil 2.	M-2 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri.....	140
Ek Şekil 3.	M-3 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri.....	141
Ek Şekil 4.	M-4 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri.....	141
Ek Şekil 5.	M-5 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri.....	142
Ek Şekil 6.	M-6 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri.....	142
Ek Şekil 7.	M-7 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri.....	143
Ek Şekil 8.	M-8 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri.....	143
Ek Şekil 9.	M-9 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri.....	144
Ek Şekil 10.	M-10 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri	144
Ek Şekil 11.	M-11 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri	145
Ek Şekil 12.	M-12 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri	145
Ek Şekil 13.	M-13 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri	146
Ek Şekil 14.	M-14 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri	146
Ek Şekil 15.	M-15 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri	147
Ek Şekil 16.	M-16 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri	147

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan illere ait yıllık ortalama yağış yükseklikleri.....	23
Tablo 2. Trabzon ili başlıca akarsuları	24
Tablo 3. Belirlenen AKM sınıflandırma aralıkları (mg/L)	50
Tablo 4. Modeller ve katman özellikleri	53
Tablo 5. YSA modeli için kullanılan değişkenler	58
Tablo 6. AKM (mg/L) sınıfları ve veri sayıları.....	59
Tablo 7. Karışıklık Matrisi	59
Tablo 8. Galanima Deresi Havzası'nda askıda katı madde konsantrasyonunun (mg/L) mevsimsel değişimi	64
Tablo 9. Değirmendere Havzası'nda askıda katı madde konsantrasyonunun (mg/L) mevsimsel değişimi	65
Tablo 10. Yomra Deresi Havzası'nda askıda katı madde konsantrasyonunun (mg/L) mevsimsel değişimi	66
Tablo 11. Gözlem süresi boyunca Galanima ve Değirmendere havzalarında bulunan AGİ'lerde belirlenen anlık debiler (m ³ /s)	67
Tablo 12. 2021-2022 gözlem yıllarında Galanima Havzası AKM ve T değerleri	68
Tablo 13. 2021-2022 gözlem yıllarında Değirmendere Havzası AKM ve T değerleri	69
Tablo 14. 2021-2022 gözlem yıllarında Yomra Havzası AKM ve T değerleri	70
Tablo 15. Değirmendere Havzası gün doğumu ve gün ortası anlık debi değerleri (m ³ /s).....	70
Tablo 16. Sınıflandırma modellerinden elde edilen performans ölçütleri	71
Tablo 17. Gözlem yılları boyunca Galanima Havzası gözlem istasyonlarında belirlenen ortalama AKM konsantrasyonları (mg/L)	86
Tablo 18. Gözlem yılları boyunca Değirmendere Havzası gözlem istasyonlarında belirlenen ortalama AKM konsantrasyonları (mg/L)	88
Tablo 19. Gözlem yılları boyunca Yomra Havzası gözlem istasyonlarında belirlenen ortalama AKM konsantrasyonları (mg/L)	94
Tablo 20. Havzalarda gözlenen AKM konsantrasyonlarının korelasyon matrisi	95
Tablo 21. Debinin mevsimlere göre değişimi	98
Tablo 22. AGİ'lerde AKM ve Q değerlerine ait korelasyon matrisi	98

Tablo 23.	Galanima ve Değirmendere havzalarında AKM yükünün yıllara göre mevsimsel değişimi.....	99
Tablo 24.	AKM yükünün mevsimlere göre değişimi.....	100
Tablo 25.	Şinik AGİ’de AKM, Q, T ve H değerlerine ait korelasyon matrisi	106
Tablo 26.	Öğütlü AGİ’de AKM, Q, T ve H değerlerine ait korelasyon matrisi	106
Tablo 27.	Kömürcü Mahallesi radar sensörlü seviye gözlem istasyonunda AKM, T ve H değerlerine ait korelasyon matrisi	107
Tablo 28.	AKM tahmin modellerinde en iyi yöntemlere ait hata değerleri ve NSE katsayıları	110
Ek Tablo 1.	13.12.2019-16.11.2022 tarihleri arasında gerçekleştirilen çalışma takvimi	127
Ek Tablo 2.	Ölçüm ve örnekleme çalışmalarının yapıldığı tarihler.....	128
Ek Tablo 3.	Kurulan AKM tahmin modelleri.....	129
Ek Tablo 4.	ÇRA’da kullanılan fonksiyonlara ait denklem katsayıları.....	130
Ek Tablo 5.	ÇDURE Tahmin Modellerinde Kullanılan BF_n Taban Fonksiyonları	132
Ek Tablo 6.	Tahmin Modellerinde Kullanılan ÇDURE Fonksiyonları	133
Ek Tablo 7.	ÇRA’da ile hesaplanan hata değerleri ve NSE katsayıları.....	134
Ek Tablo 8.	ÇDURE ile hesaplanan hata değerleri ve NSE katsayıları	136
Ek Tablo 9.	YSA ile elde edilen başarılı modeller için hesaplanan hata değerleri ve NSE katsayıları.....	137
Ek Tablo 10.	Tahmin modellerine ait en iyi tahmin sonuçları	138

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AGİ	: Akım gözlem istasyonu
AKM	: Askıda katı madde (mg/L)
ANFIS	: Uyarlanabilir nöro-bulanık çıkarım sistemi
APHA	: American Public Health Association (Amerikan Halk Sağlığı Ajansı)
COVID'19	: Coronavirus Disease (Koronavirüs Hastalığı)
ÇDURE	: Çok değişkenli uyarlanabilir regresyon eğrileri
D-ESA	: Derin evrişimli sinir ağları
DF	: Doğrusal fonksiyon
DÖ	: Derin öğrenme
DSİ	: Devlet Su İşleri
EF	: Üstel fonksiyon
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
ESA	: Evrişimli sinir ağları
GCV	: Genelleştirilmiş çapraz doğrulama
H	: Su seviyesi (cm)
HES	: Hidroelektrik santral
İÇDR	: İl çevre durum raporu
KF	: Kuadratik fonksiyon
KHGM	: Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü
KHOK	: Karesel hatanın ortalama karekökü
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NS	: Nash-Sutcliffe verimlilik katsayısı
OMH	: Ortalama mutlak hata
Q	: Debi (m^3/s)
r	: Korelasyon katsayısı
RA	: Regresyon analizi
SAE	: Sediment anahtar eğrisi
SGİ	: Sediment gözlem istasyonu
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences (Sosyal Bilimler İçin İstatistik Programı)

SS	: Standart sapma
SVM	: Destek vektör makinesi
SVR	: Destek vektör regresyonu
T	: Bulanıklık (NTU)
TS EN	: Türk Standardı Avrupa Normları
USGS	: Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu
ÜF	: Üs (kuvvet) fonksiyonu
YSA	: Yapay sinir ağları



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Su, tarihin başlangıcından itibaren medeniyetlerin bulmak için mücadele verdiği, toplumların gelişmesinde önemli bir payı olan ve pek çok uygarlığın oluşup gelişmesine, birçoğunun da yok olmasına sebep olan yaşamın temel unsurlarından birisidir. İnsan vücut ağırlığının yaklaşık %65-70'ini oluşturan su, vücudun dolaşım ve boşaltım sistemleri gibi ana sistemleri için vazgeçilmez bir bileşendir. Vücut hücrelerinin fonksiyonlarını yerine getirmesinde, besinlerin parçalanmasında, vücut ısısının düzenlenmesi gibi birçok hayati işlevde etkin rol oynayan su, besin maddesi olmasının haricinde insan bedeni için çok kıymetli bir maddedir. Su hayatımızın her alanında kullanılmaktadır. İçerisinde barındırdığı mineraller ile besin kaynağı olmasının yanı sıra birçok canlı için uygun bir ortam sağlamaktadır. Temizlik, gıda üretimi, sulama, endüstriyel üretim, enerji üretimi ve ulaşım gibi ihtiyaçlarının karşılanmasında da sudan bolca faydalanılmaktadır (Baki, 2016).

Su, sadece canlı çevre için değil, aynı zamanda cansız çevre için de önemli bir yere sahiptir. Kayaların fiziksel parçalanması ve aşınması ile toprağın oluşmasında, kayaların içindeki madde/minerallerin çözünerek toprağın verimli hale gelmesinde, bitkilerin oluşmasında, bitkilerin kökleri vasıtası ile topraktan emilerek dal ve yapraklara kadar gerekli maddelerin taşınması ve fotosentezin gerçekleşmesi gibi doğa olaylarında da suyun önemi oldukça fazladır (Özsoy, 2007). Ayrıca toprak neminin korunması ve bitki örtüsünün nemli kalması için azami miktarda su olması önemlidir. Suyun yeterli miktarda bulunmaması toprağın kurumasına ve bitkilerin yeterli besin maddelerine erişememesine neden olmaktadır.

Su, tabiatta katı, sıvı ve gaz hallerde bulunabilen bir maddedir. Sıcaklık değişimi gibi fiziksel etkiler neticesinde atmosfer, litosfer ve hidrosfer arasında sürekli bir döngü içerisinde (Şekil 1). Okyanuslar, denizler, göller, barajlar, akarsular ve karalardan sıcaklığın etkisiyle buharlaşarak atmosfere ulaşan su, yoğunlaşarak yerküreye yağış şeklinde geri döner. Yerküreye yağış olarak düşen suyun bir kısmı süzülerek yeraltı sularını, bir kısmı da akışa geçerek akarsuları, denizleri ve gölleri oluşturmaktadır. Bu döngü “hidrolojik çevrim” olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 1. Hidrolojik çevrim (URL-1, 2022)

İnsanlar bu döngüden temin ettikleri suyu, ihtiyaçlarını gidermelerinin ardından tekrar döngüye vermektedirler. İnsani faaliyetler sonucunda arıtılmadan doğal kaynaklara deşarj edilen su, temiz su kaynaklarına karışarak su kirliliğine sebep olmaktadır. Su aynı zamanda önemli bir mekanik ve kimyasal taşıyıcı maddedir. Kirli su kaynaklarında bulunan zararlı maddeler farklı bölgelere taşınarak temiz su kaynaklarının da kirlenmesine neden olmaktadır. Bu kirlenme sucul ortam canlılarının yaşama imkanlarını kısıtlamakta ve ulaşılabilir temiz su kaynaklarının azalmasını sonucunu doğurmaktadır.

Dünya genelinde su kaynaklarının %97.50'sini tuzlu sular, %2.50'sini ise kullanılabilir sular oluşturmaktadır. Kullanılabilir su kaynaklarının %1.70'ini buzullar, %0.76'sını yeraltı suları, %0.006'sını göller, geri kalan miktarı ise bataklıklar ve atmosferde bulunan su ile toprak nemi oluşturmaktadır (Chin, 2000). Yeryüzünde bulunan kullanılabilir temiz suların bu denli az miktara sahip olması su kaynaklarının korunup geliştirilmesi konusunun önemini ön plana çıkarmaktadır.

Son yıllarda nüfus artışı, yoğun sanayi ve tarım faaliyetleri su tüketimini arttırıcı yönde etkiler yaratmaktadır. Kullanılabilir temiz su kaynaklarının kısıtlı olması sebebiyle artan su ihtiyacını karşılamak gün geçtikçe zorlaşmakta ve temiz su kaynaklarına duyulan ihtiyaç daha da artmaktadır. Nüfus artış hızının yüksek olması sebebiyle su kaynakları daha yoğun kullanılmakta, temiz su kaynakları hızlıca tükenmekte, su kalitesi düşmekte ve suyun doğal dengesinde bozulmalar meydana gelebilmektedir. Böylelikle su kaynaklarının verimli kullanılmasına engel olunmaktadır.

Türkiye, sahip olduğu coğrafi konumu, iklim özellikleri, topografik yapısı, genç jeolojik yapısı, doğal bitki örtüsü ve arazi kullanım şekilleri ile erozyona elverişli bir yapıya sahiptir. Ülke topraklarının %83'ü su, geriye kalanı %17'si ise rüzgâr erozyonuna maruzdur. Erozyon kabaca toprağın yağmur, rüzgâr ve su gibi doğal etkenler sonucunda aşınarak taşınması ile tanımlanabilir. Yüksek nem oranına sahip bölgelerde toprağın taşınması daha hızlı olur. Ayrıca yoğun tarım faaliyetleri ve bitki örtüsünün tahrip edilmesi erozyon sürecini hızlandırmaktadır. Akarsu yatağında meydana gelen erozyon neticesinde sökülen daneler yüzey sularına karışarak su kalitesini düşürmekte ve su kaynaklarının verimli kullanılabilmesi üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Su kaynaklarının korunmasının yanı sıra, toprak kaynaklarının da korunması, geliştirilmesi ve bu kaynakların toplum yararına değerlendirilmesi, bütün ülkelerin ortak sorunları arasında yer almaktadır (Parlak, 2005; Güngör, 2011).

Ülkemiz su zengini olarak nitelendirilebilecek durumda değildir. Bu sebeple ilerleyen süreçte su sıkıntısı ile karşılaşılabilmesi için su kaynaklarının korunup geliştirilmesine yönelik adımların atılması oldukça önemlidir. Su kaynaklarının mevcut durumu, nüfus artış hızı ve su kullanım alışkanlıkları göz önüne alındığında önümüzdeki dönemlerde kullanılabilir suya ulaşmak problemi ile karşılaşılması kaçınılmaz görünmektedir. Ülkemizde hidrolojik gözlemler Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), Devlet Su İşleri (DSİ), Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) ve Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (KHGM) aracılığıyla dört kurum tarafından yürütülmekte iken; 2005 yılında KHGM ve 2011 yılında EİE'nin kapatılması ile bu ölçümler yalnızca MGM ve DSİ aracılığıyla gerçekleştirilmektedir (Usul, 2008).

Akarsular, hareketleri esnasında yoğunluğu suyunkinden daha fazla olan danecikleri (katı madde = sediment) sürükleyerek taban hareketinin başlamasına neden olurlar. Bu hareket danelerin tabanda kayması ve yuvarlanması ile çok düşük hızlarda gerçekleşmektedir. Daha düşük boyuta sahip olan danecikler ise suyun türbülansı nedeniyle askıda taşınmaktadır. Akarsu tabanında meydana gelen aşınmalar sonucunda akarsu yatağındaki çakıl, kum, silt ve kil vb. malzemeler harekete geçerek akarsu boyunca taşınabilmektedir. Akarsuların taşıdığı katı maddeler akarsu debisi ve dane çapıyla ilişkili olarak askıda ya da sürüntü maddesi olarak taşınmaktadır. Harekete geçen askıda katı madde (AKM) miktarı; akım, akışkan ve danecik özellikleri ile ilişkilidir. Akarsuyun taşıdığı katı maddenin yaklaşık olarak %75-95'ini AKM oluşturmaktadır (Yang, 1996; Beyazıt ve Avcı, 2010; Ülke vd., 2011).

AKM ile taşınan katı maddeler, taban malzemesine oranla daha ince olduğundan, akarsularda ve deniz ortamında daha uzun mesafelere erişebilmekte; fakat sonuç olarak sudan daha fazla yoğunluğa sahip oldukları için bir süre sonra çökelmektedirler. Çökelen malzemeler danecik boyutuna bağlı olarak hem kıyıya paralel (kıyı boyunca) hem de kıyıya dik doğrultularda hareket ederek açık denize taşınmaktadır. Karasal kökenli AKM'nin öncelikli birikim alanı nehir ağızları ve kıyı bölgeleridir (Blumer vd., 1972; Lund-Hansen ve Skuyum, 1992; Erüz vd. 2005).

AKM yükünün bilinmesi su kaynaklarının kontrolünde ve yönetiminde önemli rol üstlenmektedir. AKM yükünün bilinmesi, içme ve kullanma suyu temininde, havza yönetiminde, barajların projelendirmesinde ve su kaynaklarının daha verimli kullanılmasında fayda sağlamaktadır. Bir akarsuya ait ölçüm ve gözlem verilerinin varlığı akarsuyun taşınım dinamiklerinin yorumlanmasına, akarsu kaynaklı zararların öngörülmesine ve akarsudan en yüksek seviyede faydalanılabilmesine kolaylık sağlayacaktır. Bir akarsuya ait gözlem verilerinin olmaması akarsudan faydalı biçimde yararlanılamamasına, olası bir afet durumunda ise meydana gelebilecek hasarın öngörülememesine neden olacaktır. Gözlem verileri olmayan bir akarsuda ihtiyaç duyulması halinde başlanacak ölçüm ve gözlemler zaman kaybına neden olabileceği gibi sağlanacak olan faydanın da gecikmesine yol açacaktır. Böylesi bir durumda gerçekleştirilecek ölçümler hem özensiz gerçekleştirilecek hem de kısıtlı bir zaman diliminde yapılacaktır (Bayram, 2011).

Sucul ortamda bulunan kirleticiler AKM daneciklerine tutunarak hareket etmektedir. Daneciklere tutunarak taşınan kirleticiler baraj rezervuarlarında kirlilik, su kanallarında ve liman basenlerinde kumlanma ve siltlenme gibi sorunlara neden olabilmektedir. Akarsuların taşıdığı katı maddeler baraj haznelerinde birikmelere neden olarak rezervuar kapasitesini azaltmakta, ayrıca, su alma yapılarında birikerek tıkanmalara da neden olabilmektedir. Kirleticilerin ve ağır metallerin AKM daneciklerine tutunması sebebiyle, AKM ile akarsu ve baraj haznelerinde kirlilik kontrolü de gerçekleştirilebilmektedir (Sivakumar, 2006; Thupaki vd. 2013). Bütün bu süreçlerin yönetilebilmesi ve ortaya çıkabilecek olumsuzlukların giderilebilmesi için AKM'nin oluşma ve taşınma süreçlerinin iyice anlaşılması gerekmektedir.

Akarsularda taşkın kontrol yapılarının projelendirilmesi, sulama kanalı tasarımı, sucul canlı yaşamının devamlılığı, baraj ölü hacminin hesaplanması, baraj etkisindeki akarsuların yatak değişimleri, hidroelektrik santrallerde (HES) akarsudan su temini ve katı madde

çökeltimi, çevresel rekreasyon ve su yapılarının ekonomik ömrünün hesaplanması gibi konularda akarsuyun taşıdığı AKM miktarının bilinmesi oldukça önem arz etmektedir. (Beyazıt ve Avcı, 2010). Bu doğrultuda elde edilecek verilerin sağlıklı ve verimli olabilmesi için su sistemleri havza boyutuna indirgenerek incelenmelidir. Havza yönetim planlarının katılımcı, bütüncül ve uzun vadeli olması için su kalitesi ve su miktarı parametrelerine ihtiyaç duyulmaktadır (Güngör, 2011).

AKM konsantrasyonunun sürekli takip edilmesi akarsu ortamının yanı sıra denizlerde de büyük önem arz etmektedir. Akarsular ile denizlere taşınan AKM, su kolonunda optik ve hidrografik değişimlere sebep olarak canlı yaşamını tehlikeye atmaktadır. Ortamın ışık geçirgenliğini düşürmesi sebebiyle sucul ortam canlılarının yeterince beslenememesine ve fotosentez için gerekli ışığın sağlanamamasına neden olabilmektedir.

Sucul yaşama olumsuz etkilerinin yanı sıra akarsu ve nehirler ile beslenen liman, göl ve barajlar tabanında zamanla kum, çakıl ve toprak gibi malzeme birikimleri söz konusu olabilmektedir. Liman ağzı ve gemilerin seyir rotaları boyunca çökelen AKM liman içi trafiğinin aksamasına neden olabilmekte, ayrıca hem liman güvenliğini hem de gemilerin seyir güvenliğini tehlikeye atmaktadır. Limanlardaki bu birikimlerin seviyesinin belirli aralıklarla tespit edilmesi ve gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Çünkü liman ağız ve iç kısımlarında meydana gelen taban birikimleri bu kısımlarda su derinliğinin azalmasına sebep olmaktadır. Böylece gemilerin liman bölgesine giriş çıkış yapabilmeleri olumsuz etkilenmekte ve liman içerisindeki manevra alanları kısıtlanmaktadır. Tehlike arz eden böylesi bir durumun çözümü için sürekli gözlem yapılması, akarsuların taşıdığı sediment miktarının bilinmesi limanların ekonomik ömürlerinin uzamasına yardımcı olacaktır (Akar, 2009).

Akarsular her çeşit kullanıma uygun su kaynakları olarak bilinmektedir. Akarsulardan su temin etmek de oldukça kolaydır. Ayrıca akarsularda genellikle tuzluluk sorunu da olmadığı için her türlü kullanıma hazır su kaynağıdır (Usul, 2008).

Akarsularda AKM'yi belirlemek amacıyla gerçekleştirilen çalışmalar doğrudan ve dolaylı ölçümler olarak iki başlığa ayrılabilir. Bu yöntemler arasında en güvenilir olanı doğrudan ölçümlerdir. Ülkemizde AKM'nin doğrudan ölçümü DSİ tarafından 184 sediment gözlem istasyonundan (SGİ) genellikle aylık periyotla gerçekleştirilmektedir (URL-2, 2022). SGİ'de gerçekleştirilen ölçümler maliyetli ve zaman alıcı olmasına karşın en güvenilir veri elde etme yöntemi olarak bilinmektedir. Örneklem esnasında yeterli itina gösterilmez ise elde edilen sonuçların doğruluğu ve güvenilirliği de tartışılır duruma

düşmektedir. Yukarıda sıralanan olumsuzluklar ve ölçüm zorlukları araştırmacıları ve resmi kurumları AKM'yi belirlemek amacıyla farklı yöntem arayışlarına sürüklemiştir. Bu yöntemlerden başlıcası, bir akarsuya ait kontrol kesitinde debi ve AKM değişimi arasındaki ilişkinin grafikleştirilmesi sonucunda ortaya çıkan “sediment anahtar eğrisi” (SAE)'dir. Bu yöntem AKM'nin belirlenmesinde genel bir uygulama halini almıştır. DSİ tarafından akarsulara özel hazırlanan SAE aracılığıyla AKM'yi belirlenebilmektedir. Ancak debi ile AKM arasında birebir doğrusal ilişki bulunmayışı SAE yöntemini yetersiz kılabilir. Herhangi bir zamanda akarsuyun taşımakta olduğu AKM geçmiş hidrolojik değişkenlerden de etkilenebilmektedir.

Katı madde ölçümünde kullanılan diğer dolaylı ölçüm yöntemleri arasında birçok analitik metotların yanı sıra yapay zekâ yöntemlerine de rastlanılabilmektedir. Bu yöntemler kullanılarak AKM'yi belirlemek için akarsu özelliklerinden (debi, kesit boyutu ve özellikleri, hız vb.) faydalanılmaktadır.

Çeşitli değişkenlerden etkilenen ve birçok parametreye bağlı olan AKM'nin belirlenmesi çok karmaşık bir süreci kapsamaktadır. Günümüzde farklı disiplinlerdeki karmaşıklık ve doğrusal olmayan problemlerin çözülmesinden yaygın olarak kullanılan yapay zeka teknikleri AKM'nin belirlenmesinde de kullanılmaktadır. Son yıllarda bu yöntemlerin haricinde AKM'yi tahmin etmek amacıyla esnek modelleme yöntemlerinden de faydalanılmaktadır (Ülke vd., 2011).

Günümüzde, su kaynaklarının durumunun tespit edilmesi ve insan faaliyetlerinin su kaynakları üzerindeki etkilerinin anlaşılması için güncel veriler gerekmektedir. Bu veriler, su kaynaklarının kirlilik kaynaklarını tespit etmeye ve gerekli önlemleri almaya olanak tanır. Su kaynaklarının herhangi bir nedenle kirlenmesi durumunda, onları kullanılabilir hale getirmek oldukça maliyetli ve zaman alıcı bir süreçtir. Bu nedenle, su kaynaklarının kirlenmesini önleme ve kontrol altına alma amacıyla, kirlilik takibi önemli bir konudur.

Uzaktan algılama, bir cisim veya alana ait bilgiyi elde etmek için yüzeyden yansıyan veya yayılan enerjiyi kullanarak, fiziksel temas gerekmeden tanıma, ayırt edebilme ve bilgi edinme işlemi olarak tanımlanabilir. Bu teknoloji elde edilen veriyi işleme ve analiz etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Ekercin, 2007). Uzaktan algılama, su kalitesi parametrelerinin analizinde klasik ölçme yöntemlerinde mevcut olan zorlukları aşmak için yararlı bir araç olarak kabul edilmektedir. Suyun yansıtım değerleri ile fiziksel ve biyokimyasal bileşenler arasında yüksek korelasyonlar araştırılmaktadır. Uzaktan algılama teknikleri su kalitesi parametrelerinin analizinde önemli bir rol oynasa da, tek başına yetersiz

olduğu için klasik örnekleme ve arazi çalışmaları ile birlikte kullanılması önerilmektedir (Haşlak, 2021).

Günümüzde teknolojik gelişmeler beraberinde yeni problemler ve bu problemlerin çözümüne yönelik yeni ihtiyaçları getirmektedir. Bu ihtiyaçların karşılanması maksadıyla geliştirilen derin öğrenme (DÖ) yöntemleri, yapay sinir ağlarına (YSA) gizli katmanlar ekleyerek ortaya çıkan bir öğrenme tekniğidir. DÖ, büyük veri kümelerini analiz etmek ve verilere dayalı tahminler yapmak veya kararlar almak için sinir ağlarının kullanılmasını içeren bir tür yapay zeka yöntemidir. Görüntü ve konuşma tanıma, doğal dil işleme ve tahmine dayalı modelleme dahil olmak üzere çeşitli uygulamalar için kullanılabilen DÖ yöntemleri, özellikle büyük veri kümeleri ile çalışan kurumlar ve endüstriler tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. DÖ yöntemi son yıllarda ses ve görüntü işleme alanlarında oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Ses ve görüntü işleme yöntemleri ile gerçekleştirilen çalışmalar başlıca konuşma tanıma (Abdelhamid vd. 2014), araçlarda kullanılan şerit takip sistemlerinin tasarımı ve geliştirilmesi (Çelik, 2022), binalarda çatlak tespiti (Cha vd. 2017), medikal cihaz sınıflandırma (Litijens, 2017), sağlık alanında hastaların tanı ve tedavi süreçlerinin takibi (Esteva vd. 2017; Havaei vd. 2017; Coudray vd. 2018; Hosny vd. 2018; Demir, 2021; Toğaçar, 2021), solar verimlilik belirleme (Lin vd. 2020), sediment danecik ve boyutunun belirlenmesi (Ramalingam ve Chandra, 2018) ve yazı sınıflandırma (Wang vd. 2019, Lyu ve Liu, 2021) gibi birçok disiplinde güncel olarak kullanılmaktadır.

Yukarıda sıralanan çevresel etkileri minimize edebilmek, taşınan sedimentin akarsu boyunca dağılımını anlayabilmek ve taşınan AKM miktarını modelleyebilmek adına AKM'nin oluşum ve taşınım süreçlerini anlayabilmek gereklidir. Bu amaçla araştırmacılar tarafından AKM taşınımını belirleyebilmek ve taşınan AKM miktarını modellemek amacıyla yapılan ulusal ve uluslararası çalışmaların başlıcaları aşağıda sunulmuştur.

1.2. Literatür Araştırması

AKM'nin su kalitesi ve çevre sağlığı üzerinde olan etkileri bir önceki kısımlarda kapsamlı olarak anlatılmıştır. Akarsularda taşınan katı madde miktarı doğrudan ölçümlerle veya ampirik denklemler ile elde edilebilmektedir. AKM'nin doğrudan ölçülmesi zaman alıcı ve maliyetli bir süreçtir ancak en güvenilir yöntem olarak kabul görmektedir (Ülke vd. 2011; Isik, 2013).

Ulusal ve uluslararası ölçekte gerçekleştirilen AKM (mg/L), debi (Q, m³/s) ve bulanıklık (T, NTU) takibinin gerçekleştirildiği çalışmalar ile AKM tahminine yönelik çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

1.2.1. Akarsularda Askıda Katı Madde Takibine Yönelik Çalışmalar

Hay (1994), Karadeniz Bölgesi'nde üzerine baraj inşa edilen akarsuların AKM ve Q miktarlarında meydana gelen değişimleri incelemiştir. Çalışmasında EİE'ye bağlı gözlem istasyonlarından temin ettiği AKM yüklerini kullanmıştır. İnşa sonrası katı madde yükünde azalma meydana geldiğini tespit etmiş ve meydana gelen azalışın baraj sebebiyle olduğunu ileri sürmüştür.

Erüz (1999), Güneydoğu Karadeniz Bölgesi'ni çalışma alanı olarak seçmiş olduğu çalışmasında Trabzon-Rize illeri arasında belirlediği 20 deniz istasyonunda aylık olarak bazı fiziksel ve kimyasal parametreler ile AKM takibi de gerçekleştirmiştir. Çalışma takvimi Mart 1995-Mart 1996 tarihleri arasındaki bir yıllık periyodu kapsamaktadır. Deniz ortamlarında akarsuların katılımıyla deniz suyunun fiziksel özelliklerinde değişimler meydana geldiğini ileri sürmüş ayrıca akarsular tarafından taşınan AKM'nin zamanla yayılarak deniz ortamı üzerinde etkileri olduğunu ortaya koymuştur.

Sayın (2000), Değirmendere Havzası'nda yer alan bazı üretim tesislerinin Değirmendere Akarsuyu'na olan etkilerini incelemiştir. Eylül 1998-Şubat 1999 tarihleri arasında aylık olarak gerçekleştirdiği çalışmasında Değirmendere Akarsuyu üzerinde belirlediği üç istasyonun yanı sıra farklı konumlarda yer alan ve dereye atıksu deşarj eden beş işletmede su kalitesini takip etmiştir. Çalışmasında AKM takibine de yer vermiştir. AKM gözlem istasyonları membadan mansaba doğru konumlandırılmıştır. Mema istasyonlarında mansap istasyonlarına kıyasla çok daha düşük konsantrasyonlar gözlemlenmiştir. Bu konsantrasyon artışının Havza'da bulunan üretim tesislerinden kaynaklandığını ileri sürmüştür.

Boran ve Sivri (2001), Trabzon ili sınırları içerisinde bulunan Solaklı ve Sürmene akarsularında kirletici yükleri takip etmişlerdir. 2000 yılı ilkbahar mevsiminde 15 günlük periyotlarla gerçekleştirdikleri çalışmada AKM'nin değişimini de incelemiştir. Gözlem süresi boyunca Solaklı Akarsuyu'nun Sürmene Akarsuyu'na kıyasla daha yoğun AKM taşınımına sahip olduğunu, Solaklı Akarsuyu'nun Karadeniz'e daha fazla AKM yükü

taşıdığını açığa çıkarmışlardır. Bu durumun Solaklı Akarsuyu'nun daha geniş havzaya sahip olması ile ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Erüz vd. (2005), Trabzon ili sınırları içerisinde yer alan akarsularda AKM yüklerinin aylık ve yıllık değişimini Trabzon ilinin doğusunda bulunan akarsularda DSİ'ye ait 2004 yılı verilerini aylık olarak irdelemişlerdir. Bu akarsular sırasıyla Değirmendere, Şana, Yomra, Yanbolu, Karadere, Küçükdere, Sürmene, Solaklı, Baltacı ve İyidere'dir. AKM yükü en fazla Yomra Akarsuyu'nda, en düşük ise Yanbolu Akarsuyu'nda belirlemişlerdir. En fazla taşınımın Mart, Kasım ve Aralık aylarında, en düşük taşınımın ise Temmuz ve Ağustos aylarında olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca, AKM konsantrasyonlarının yüksek olmasını havza faaliyetleri ile toprak erozyonunun yüksek olması ile ilişkilendirmişlerdir.

Verep vd. (2005), Doğu Karadeniz Bölgesi'ni çalışma alanı olarak belirledikleri çalışmalarında İyidere'nin denize döküldüğü noktadan membaya doğru dört istasyonda su kalitesi parametreleri ile birlikte AKM takibi de gerçekleştirmişlerdir. Kasım 2003-Mayıs 2004 tarihleri arasında aylık periyotlarla çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma takvimi boyunca kış aylarında AKM konsantrasyonunun düştüğünü ilkbahar aylarında ise yağışların artmasıyla paralel olarak konsantrasyonun arttığını ortaya koymuşlardır.

Akar (2009), Karadeniz Sahil Yolu'nun inşasına başlanması ile Değirmendere Akarsuyu Trabzon Limanı'na çok yakın bir bölgeden denize dökülmeye başlamasının ardından akarsuyun taşıdığı askıda katı maddenin limana ve limana çok yakın bir konumda bulunan balıkçı barınakları üzerine olan etkilerini araştırmıştır. 2000, 2003 ve 2008 yıllarına ait batimetri haritalarını karşılaştırmalı olarak yorumladığı çalışmasında büyük tonajlı gemilerin sık kullandığı güzergahlarda artış olduğunu, küçük gemi ile kayıkların kullandığı güzergahlarda ise azalma olduğunu belirlemiştir. Hakim dalga yönünün de etkisiyle Değirmendere Akarsuyu'nun taşımış olduğu AKM'nin liman ağzına ve iç kısımlarına doğru dolduğunu ifade etmiştir.

Celep (2009), Trabzon ilinde yer altı su kalitesi takibi ile yerüstü sularında su kalite takibi gerçekleştirmiştir. Çalışmasında AKM'nin değişimini de irdelemiştir. Yeraltı sularında AKM'ye rastlanılmadığını, yerüstü sularında ise AKM'nin 0.01-0.84 mg/L değerleri arasında değişim gösterdiğini ileri sürmüştür.

Gedik vd. (2010), Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Rize ili sınırları içerisinde bulunan Fırtına Deresi'nde Mayıs 2006-Nisan 2008 tarihleri arasında aylık periyotlarla su kalitesi takibi gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında AKM ve T takibi de yapmışlardır. Çalışmalarında yağışların arttığı zaman diliminde AKM ve T parametrelerinin yükseliş

gösterdiğini ve havza içinde üretim yapan tesislerin faaliyet durumlarının da bu parametrelere etkili olduğunu açığa çıkarmışlardır.

Bayram (2011), Harşit Çayı'nda Mart 2009-Şubat 2010 tarihleri arasında ayda iki kez olacak şekilde yürüttüğü çalışmasında su kalitesi takibi ile birlikte AKM ve T takibi gerçekleştirmiştir. Çalışmasında AKM ile T'nin yüksek derecede ilişkili olduğunu ileri sürmüştür.

Özşeker (2012), Trabzon ili akarsularından Değirmendere, Yanbolu ve Solaklı akarsularında AKM takibinin yanı sıra ağır metal kirliliğini de zamana ve mekana bağlı olarak takip etmiştir. Çalışma Nisan 2009-Ocak 2010 tarihleri arasında mevsimsel periyotla gerçekleştirilmiştir. Deniz sedimentlerinde ve akarsu sedimentlerinde incelenen parametrelerin birbirleri ile yakın sonuçlar göstermesi ile deniz sedimentlerinin ana kaynağının akarsuların taşıdığı sedimentler olduğunu ifade etmiştir.

Alkan vd. (2013) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Doğu Karadeniz'e dökülen Kızılırmak, Yeşilirmak, Melet, Pazarsuyu, Aksu, Harşit, Değirmendere, Solaklı, İyidere, Büyükdere, Fırtına, Çağlayan ve Kapistre derelerinin fizikokimyasal özellikleri ve besin elementi düzeyleri belirlenmiştir. Çalışmaları boyunca aylık periyotlarla örnekler almış ve en yüksek AKM ve T değerlerini Değirmendere akarsuyunda tespit etmişlerdir. Elde ettikleri verileri, su kalitesi kriterlerine göre değerlendirilerek akarsuların su kalitesini sınıflandırılmışlardır.

Şengün (2013), Aksu Deresi'nin (Giresun) kirlilik durumunu belirlemek amacıyla su kalitesi takibi ile AKM parametresini de gözlemlemiştir. Membadan mansaba doğru kurguladığı ve Ocak 2012-Aralık 2012 tarihleri arasını kapsayan aylık periyotlarla gerçekleştirdiği çalışmasında AKM konsantrasyonunun membadan mansaba doğru artış gösterdiğini açığa çıkarmıştır. Ayrıca gözlem süresi boyunca en fazla AKM taşınımının ilkbahar aylarında olduğunu da ortaya koymuştur. Yağışların düşmesi ile AKM konsantrasyonunun da azalma eğiliminde olduğunu ifade etmiştir.

Yıldız (2013), Gelevera Deresi'nde kirlilik durumunu belirlemek amacıyla Haziran 2012-Mayıs 2013 tarihleri arasında aylık olarak su kalitesi takibi gerçekleştirmiştir. Çalışmasında kimyasal parametrelerin yanı sıra AKM ve T parametrelerini de takip etmiştir. Gözlem süresi boyunca AKM taşınımının ve T'nin en yüksek olduğu zaman diliminin ilkbahar ayları olduğu, aynı zamanda yağışların azalması ile AKM konsantrasyonu ile T'nin de azalma eğiliminde olduğu belirlemiştir.

Dinçer (2014), Çanakçı Deresi'nde (Giresun) gerçekleştirdiği çalışmasında Mart 2013-Şubat 2014 tarihleri arasında aylık periyotlarla su kalitesi parametreleri ile birlikte AKM takibi de gerçekleştirmiştir. Yağış miktarının yüksek olduğu zaman dilimlerinde AKM konsantrasyonunun da yüksek olduğunu tespit etmiştir. Yaz aylarında yağış miktarının az ve sıcaklığın yüksek olması sebebiyle düşük AKM konsantrasyonu gözlemlendiğini vurgulamıştır.

Aydın (2015), Batlama Deresi'nde (Giresun) su kalitesi parametreleri ile kirlilik durumunu belirlemek amacıyla Haziran 2014-Mayıs 2015 tarihleri arasında membadan mansaba doğru belirlediği üç istasyondan aylık periyotlarla su örnekleri toplamıştır. Çalışmasında AKM takibi de gerçekleştirmiştir. Gözlem süresi boyunca farklı istasyonlardan elde ettiği ortalama konsantrasyonlar dikkate alındığı zaman membadan mansaba doğru AKM konsantrasyonunun arttığını belirlemiştir. Havzada en fazla AKM taşınımının Haziran ayında en düşük taşınımın ise Ağustos ve Şubat aylarında olduğunu ifade etmiştir.

Berkun vd. (2015), Güneydoğu Karadeniz Kıyı Bölgesi akarsularında taşınan AKM'nin Karadeniz Kıyısı'na olan etkilerini incelemişlerdir. Çalışmalarında bölgede inşa edilen barajların Karadeniz'e taşınan AKM azalttığını ve bu durumun sonucunda da kıyı erozyonu problemi ile karşılaşılabilirliğini vurgulamışlardır.

Satılmış (2015), Değirmendere Havzası'nda (Trabzon) insan kökenli faaliyetlerin su kalitesi üzerine etkilerini araştırmıştır. Ocak 2014-Aralık 2014 tarihleri arasında ayda iki kez gerçekleştirdiği çalışmasında AKM takibine de yer vermiştir. Membadan mansaba doğru takip gerçekleştirdiği çalışmasında havzanın sahil kesimlerinde yerleşimlerin yoğunlaşması, üretim gösteren tesisler ve yoğun insan kaynaklı faaliyetler sonucunda sahil istasyonlarında AKM konsantrasyonunda artış olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca bu konsantrasyon artışının da havza çıkış noktasının doğu ve batı konumunda bulunan balıkçı barınakları ile Trabzon Limanı üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceğini ileri sürmüştür.

Serdar (2015), Doğu Karadeniz sahili boyunca Ordu'dan Artvin'e kadar olan kesimde seçtiği akarsuların nehir ağızlarında 2013 yılında mevsimsel periyotlarla fiziko-kimyasal su kalitesi takibi gerçekleştirmiştir. Çalışmasında AKM takibi de gerçekleştirmiştir. Gözlem bölgesinde yaz ve sonbahar mevsimlerinde AKM konsantrasyonunun en yüksek olduğunu tespit etmiştir. Yıllık ortalama değerler baz alındığında AKM taşınımının Büyükdere ve Değirmendere akarsularında en yüksek olduğunu belirtmiştir.

Bayram ve Kenanoğlu (2016), Çoruh Havzası'nda Aralık 2010-Kasım 2011 tarihleri arasında aylık periyotlarla gerçekleştirdikleri çalışmalarında AKM ve T parametrelerinin değişimini takip etmişlerdir. Havzada bulunan barajların AKM çökmesinde ve bulanıklığın azalmasında etkileri olduğunu açığa çıkarmışlardır. Ayrıca havzada bulunan bakır madeninin AKM ve T parametrelerinin yükselmesine neden olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Taşpınar (2016), Salarha Havzası'nda (Rize) evsel atıksuların akarsuya olan etkilerini belirlemek amacıyla bir yıl boyunca aylık olarak su kalitesi takibi gerçekleştirmiştir. Çalışmasında AKM ve T parametrelerinin değişimini membadan mansaba doğru incelemiştir. Havza genelinde en fazla AKM ve T'yi Ağustos ayında meydana gelen aşırı yağışların sebep olduğunu tespit etmiş; mansap istasyonlarında ortalama AKM ve T memba istasyonlarınınkinden daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur.

Çitgez (2017), Büyük Melen Nehri (Düzce) üzerinde Aralık 2013-Kasım 2015 tarihleri arasında ayda iki kez olacak şekilde arazi kullanımının su verimi ve kalitesine etkisini araştırmıştır. Nehrin iki farklı yan kolunu çalışma alanı olarak seçmiştir. Her bir yan kol üzerinde yerleşim yerinden önce ve sonra olmak üzere iki farklı istasyon ile çalışmasını sürdürmüştür. Çalışmasında AKM ve T parametrelerinin de takibini gerçekleştirmiştir. Çalışma boyunca belirlemiş olduğu ortalama AKM ve T parametrelerinin yerleşim yerlerinde tarımsal arazinin yoğun kullanılması sebebiyle artış gösterdiğini belirlemiştir. Kış mevsiminde meydana gelen fazla yağışlar sebebiyle AKM ve T parametrelerinin gözlem süresi boyunca en yüksek değerlere ulaştığını açığa çıkarmıştır.

Ustaoglu (2017), Pazarsuyu Deresi'nde (Giresun) su kalitesinin membadan mansaba doğru değişimini belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışma Haziran 2014-Mayıs 2015 tarihleri arasında aylık periyotlarda gerçekleştirilmiştir. Çalışmasında AKM takibine de yer vermiştir. En yüksek AKM'yi yağışların fazla olduğu Haziran ayında en düşük AKM'yi ise Ağustos ayında belirlemiştir. Yıllık ortalama AKM'nin havza genelinde membadan mansaba doğru artış gösterdiğini, bu durumun havzada meydana erozyondan, havza faaliyetleri sonucunda meydana gelen organik kirlilikten ve yağmur suyunun dere yatağına taşıdığı malzemelerden meydana geldiğini ifade etmiştir.

Koralay vd. (2018) Doğu Karadeniz Bölgesi Solaklı Deresi Havzası'nda Ocak-Aralık 2014 tarihleri arasında gerçekleştirdikleri çalışmada, 12 örnekleme noktasında AKM konsantrasyonlarını belirleyerek nehir tipi HES'in bu konsantrasyonlar üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Elde ettikleri verilerin istatistiksel analizleri sonucunda, AKM

konsantrasyonlarında istatistiksel olarak anlamlı değişimler olduğu ve toplam AKM yükünün 10 ila 440 mg/L arasında değiştii tespit edilmiştir. Aynı zamanda, nehir tipi HES'lerin hem operasyonel hem de yapısal aşamalarda ana akımdaki AKM miktarını arttırdığını belirlemişlerdir.

Şantaflıoğlu (2018), Çalışlar Deresi (Ordu) üzerinde Nisan 2016-Mart 2017 tarihleri arasında aylık periyotlarla su kalitesi takibinin yanı sıra AKM takibi de gerçekleştirmiştir. Membadan mansaba doğru örnekler alarak gerçekleştirdiği çalışma sonucunda AKM konsantrasyonunun membadan mansaba doğru artış gösterdiğini tespit etmiştir. Ayrıca, en yüksek AKM taşınımının Şubat ayında ve en düşük taşınımın ise Eylül ayında olduğunu gözlemlemiştir.

Mutlu (2019), Doğu Karadeniz Havzası boyunca belirlediği sekiz farklı akarsuyun nehir ağzından aldığı örneklemeler ile Nisan 2016-Mart 2017 tarihleri arasında aylık periyotlarla su kalitesi takibi gerçekleştirmiştir. Çalışmasında AKM takibi de yapmıştır. Gözlem yaptığı akarsular arasında AKM taşınımı en yüksek olan akarsuyu Değirmendere Akarsuyu olarak belirlemiştir. Ayrıca gözlem süresinde Değirmendere Akarsuyu'nda en fazla AKM taşınımının kış mevsiminde en düşük taşınımın ise yaz mevsiminde olduğunu açığa çıkarmıştır.

Osmanaoğlu (2019), Murgul Deresi'nde (Artvin) insani faaliyetlerin su kalitesi ve miktarı üzerine olan etkilerini incelemek amacıyla Nisan 2016 ve Mart 2017 tarihleri arasında aylık olarak membadan mansaba doğru ölçüm alınan bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmasında su kalite parametrelerinin yanı sıra AKM'ye de yer vermiştir. Gözlem süresi boyunca membada ormanlık alanda insan müdahalesinden uzak konumlandırılan istasyonlarda düşük AKM konsantrasyonları belirlenirken, maden ocağı çıkışına konumlandırılan istasyonda maden atıklarının dereye karışması sebebiyle en yüksek AKM konsantrasyonları belirlenmiştir. Ayrıca havza içerisinde bulunan HES sonrasında konumlandırılan istasyon ile AKM konsantrasyonunun düşüş gösterdiğini, bu durumun HES'in su depolama alanında dinlendirilmesinden kaynaklandığını ifade etmiştir.

Mete (2020), Sera Deresi Havzası'nda (Trabzon) tersip bentlerinin AKM taşınımına olan etkilerini ayrıca bu havza ile komşu konumda bulunan Galanima ve Değirmendere havzalarında da AKM taşınımını incelemiştir. Haziran 2019-Mart 2020 tarihleri arasında haftalık periyotlarla çalışmasını gerçekleştirmiştir. Çalışmasında Sera Deresi Havzası'nda dolarak işlevini yitirmiş olan tersip bentlerinin yüksek akımlar meydana geldiği zaman diliminde oyularak bünyesinde bulunan malzemenin mansaba taşındığını ifade etse de genel

olarak havzada bulunan tersip bentlerinin AKM taşınımını büyük ölçüde engellediğini ortaya koymuştur. Komşu havzalar ile karşılaştırıldığında Karadeniz'e ulaşan AKM'nin en az Sera Deresi tarafından en yüksek ise Değirmendere Akarsuyu tarafından taşındığını belirlemiştir.

İpek (2021), Güren Çayı'nda (Kastamonu) Haziran 2018-Mayıs 2019 tarihleri arasında aylık olarak su kalitesi takibi gerçekleştirmiştir. Çalışma alanında istasyonlarını membadan mansaba doğru olacak şekilde konumlandırmıştır. Çalışmasında AKM takibi de gerçekleştirmiştir. AKM konsantrasyonunun membadan mansaba doğru artış gösterdiğini açığa çıkarmış; AKM konsantrasyonunu en düşük Ağustos ayında en yüksek ise Eylül ayında belirlemiştir.

Karadağ (2022), Kızılırmak Nehri (Nevşehir) su kalitesinin mevsimsel değişimini bir yıl boyunca mevsimsel olarak gözlemlemek amacıyla gerçekleştirdiği çalışmasında farklı istasyonlarda takip gerçekleştirmiştir. Çalışmasında bazı su kalite parametrelerinin yanı sıra, AKM'ne de yer vermiştir. Çalışmada, gözlem süresi boyunca en yüksek AKM konsantrasyonunun ilkbahar mevsiminde, en düşük AKM konsantrasyonunun ise kış mevsiminde gerçekleştiği belirlenmiştir.

Mete vd. (2022), Galanima, Değirmendere ve Yomra havzalarında AKM taşınımının membadan mansaba doğru değişimini Eylül 2019-Şubat 2020 tarihleri arasında incelemiştir. Çalışma süresi boyunca havzalarda bulunan akım gözlem istasyonlarında (AGİ) gerçekleştirdikleri su seviye okumaları aracılığıyla debi değerlerini hesaplayıp AKM yükünün de hesabını gerçekleştirmişlerdir. Çalışma kapsamında en az AKM taşınımının Galanima Havzası'nda en fazla AKM taşınımının ise Değirmendere Havzası'nda olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Ayrıca AKM konsantrasyonunun çeşitli etkenlere bağlı olarak değişiklik gösterdiğini de açıklamışlardır.

1.2.2. Uzaktan Algılama ile Askıda Katı Madde Tespitine Yönelik Çalışmalar

Dihkan (2010), Karadeniz Bölgesi kıyı sularında AKM'nin tahmin edilmesi amacıyla uzaktan algılama tekniklerini kullanarak bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmasında Landsat TM uydusuna ait görüntülerini kullanmıştır. Uydu görüntüleri ile yakın zamanlı olan AKM konsantrasyonu değerlerini kullanmıştır. Farklı bant kombinasyonları kullanarak gerçekleştirdiği tahmin çalışmalarından en yüksek determinasyon katsayısı (R^2) değerini 0.67 olarak elde etmiştir. Daha sık uydu görüntülerinin yanı sıra uydu görüntüleri ile eş

zamanlı olarak belirlenen AKM konsantrasyonu kullanılarak daha başarılı modeller kurulabileceğini belirtmiştir.

Leeuw (2014), Kolombiya Nehri, Maine ve Georgia kıyılarını (ABD) çalışma alanı olarak belirlediği çalışmada cep telefonu ile su yüzey görüntülerini kaydetmiştir. Bu görüntüler ile AKM'yi belirlemeye çalışmıştır. Toplamda 63 adet gözlem verisi kullanarak, farklı marka ve model cep telefonları ile çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışma sonunda farklı model telefon kullanımının çalışma başarısı üzerinde kayda değer bir etkisinin bulunmadığını ileri sürmüştür. Gerçekleştirmiş olduğu çalışma ile AKM'yi başarılı bir şekilde belirleyebildiğini ileri sürmüştür.

Zhang vd. (2014), Yellow Nehri Halici'nde (Çin) AKM'yi uydu görüntüleri aracılığıyla gözlemlene ve değerlendirme üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında Landsat TM ve ETM+ uydularına ait uydu görüntülerinden faydalanmışlardır. Farklı bant kombinasyonları kullanarak AKM'yi en ayırt edici şekilde görüntülemeye çalışmışlardır. Arazi çalışmalarıyla belirlenen AKM konsantrasyonları ile uzaktan algılanan AKM konsantrasyonlarının yüksek korelasyon gösterdiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca AKM'nin mevsimsel değişimi üzerine yorumlamalar gerçekleştirmişlerdir.

Ehmann vd. (2018), Onondaga Deresi (ABD) üzerinde, uzaktan algılama yöntemini kullanarak, yüksek çözünürlüklü görüntüler aracılığıyla bulanıklığı belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmalarında dron ile akarsu kesiti boyunca su yüzey görüntülerini kaydetmişlerdir. Aynı zamanda referans istasyonlarda bulanıklık ölçümleri de almışlardır. Su yüzey görüntüleri ile bulanıklık değerlerinin güçlü ilişki içerisinde bulunduğunu ve dron görüntüleri ile bulanıklığın başarılı bir şekilde belirlenebildiğini açığa çıkarmışlardır.

Batur (2019), Gala Gölü Milli Parkı'nda (Edirne) uydu görüntülerini kullanarak aralarında AKM'nin de bulunduğu su kalitesi değişkenlerinin takibini yapmıştır. Çalışmasında Göktürk-2, Landsat 8 OLI ve Sentinel 2A uydularına ait uydu görüntülerini kullanmıştır. Ayrıca uydunun çalışma alanını tarayacağı gün gerçekleştirilen arazi çalışması ile yerinde su kalite değişkenlerinin ölçümlerini de gerçekleştirmiştir. Uydu görüntüleri ile su kalite değişkenlerini başarılı olarak tespit edebilmiş ve bu yöntem aracılığıyla su kalite parametrelerinin güvenilir, hızlı ve ucuz bir şekilde belirlenebileceğini ifade etmiştir.

Malthus vd. (2020), Avusturalya'nın doğusunda cep telefonu tabanlı iki farklı su kalitesi takibi programları ile ölçümler yapmışlardır. Ölçümler ile eş zamanlı olarak AKM'yi belirlemek için örneklemeler de gerçekleştirmişlerdir. Birçok farklı su kütlesinde yaptıkları kapsamlı çalışma sonucunda her iki programın da oldukça doğru tahminler yaptığını ileri

sürmüşlerdir. Sonuç olarak farklı coğrafyalar için geliştirilene programların evrensel ölçümler yapabildiğini açığa çıkarmışlardır.

Yıldız (2021), Terkos Gölü (İstanbul) ve gölü besleyen akarsularda su kalitesi takibini uzaktan algılama yöntemi ile gerçekleştirmiştir. Çalışmasında Sentinel-2 ve Landsat-8 uydularına ait uydu görüntüleri ile AKM'yi belirlemiştir. Uzaktan algılama yöntemi ile elde ettiği tahmin sonuçlarını İstanbul Su ve Kanal İdaresi'nin ölçüm sonuçları ile karşılaştırmıştır. Tahmin sonuçlarının gözlem değerleri ile yüksek korelasyon gösterdiğini ve AKM'nin uzaktan algılama yöntemi ile başarılı bir şekilde belirlenebildiğini ileri sürmüştür.

Luo vd. (2022), Yangzte Nehri Halici (Çin) çalışma alanında uydu görüntülerini kullanarak AKM konsantrasyonunu belirlemeyi hedeflemişlerdir. Landsat TM/ETM+/OLI (1984-2020) ile GOCI (2011-2020) uydularına ait uydu görüntülerini kullanmışlardır. Uydu görüntülerinden belirledikleri konsantrasyonlar ile Yangzte Nehri Sediment Bülteni'nde yayımlanan AKM konsantrasyonlarını karşılaştırmışlardır. Uzun gözlem yılları boyunca AKM'nin değişimini başarılı bir şekilde belirlemişlerdir. Ayrıca yağışlı ve kurak dönemlerdeki konsantrasyonların Haliç boyunca dağılımını geniş ölçekli olarak görselleştirmeyi başarmışlardır.

1.2.3. Askıda Katı Madde Tahminine Yönelik Çalışmalar

Jain (2001), Mississippi Nehri (ABD) üzerinde bulunan iki gözlem istasyonuna ait verileri kullanarak AKM tahmin çalışması gerçekleştirmiştir. Girdi parametresi olarak Q, su seviyesi (H), geçmiş gözlem yıllarına ait AKM konsantrasyonu verilerini kullanarak AKM'yi tahmin etmeye çalışmıştır. SAE ile YSA yöntemlerini kullanarak tahmin modelleri kurmuş, tahmin sonuçlarını birbirleri ile karşılaştırmıştır. AKM tahmininde YSA yönteminin geleneksel yöntemlere kıyasla daha güvenilir sonuçlar verdiğini açıklamıştır.

Kayaalp (2003), Dicle Havzası'nda EİE ve MGM'ye ait gözlem istasyonlarından elde edilen veriler aracılığıyla AKM taşınımını modellemiştir. RA ve YSA modellerinden faydalanarak kurmuş olduğu tahmin modellerinde yağış, sıcaklık ve akım parametrelerini girdi olarak kullanmış ve AKM'yi belirlemiştir. YSA ile kurulan modellerin RA ile kurulan modellere kıyasla çok daha başarılı sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir.

Kişi vd. (2003), ABD'de USGS tarafından işletilen iki gözlem istasyonuna ait Q ve AKM konsantrasyonu verilerini kullanarak AKM konsantrasyonunu tahmin etmeye

çalışmışlardır. Çalışmalarında sediment anahtar eğrisi ile bulanık mantık yöntemleriyle oluşturdukları modelleri karşılaştırmışlardır. Bulanık mantık yöntemlerini kullanarak elde ettikleri tahmin modellerinin sediment anahtar eğrisinden daha başarılı tahmin sonuçları elde ettiğini ileri sürmüşlerdir.

Ülke (2010), Ege Bölgesi'nde bulunan üç akarsuya ait akım gözlemlerinden faydalanarak AKM'yi tahmin etmeye çalışmıştır. Çalışmasında SAE ile YSA yöntemlerinden faydalanmıştır. Tahmin modellerinden elde ettiği sonuçları birbirleri ile kıyaslamıştır. Türkiye'de sıklıkla kullanılan SAE'lerinin doğru tahminler yapamadığını ileri sürmüş ve YSA yönteminin bütün istasyonlarda doğru tahminler yaptığını gözlemlemiştir.

Afan vd. (2015), Johar Nehri Havzası'nda (Malezya) AKM tahminine yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında havza içerisinde bulunan akım ve sediment gözlem istasyonlarına ait AKM ve Q verilerinden faydalanmışlardır. Tahmin modellemesinde farklı YSA algoritmalarını birbirleri ile karşılaştırmışlardır. Performans istatistikleri dikkate alındığında farklı YSA algoritmalarının AKM'yi başarılı bir şekilde tahmin ettiğini açıklamışlardır.

Yılmaz (2016), Çoruh Nehri Havzası'nda bulunan DSİ'ye ait gözlem istasyonlarından elde edilen verileri kullanarak AKM'yi tahmin etmiştir. Çalışmasında regresyon analizi (RA) ve YSA yöntemlerinin yanı sıra çok değişkenli uyarlanabilir regresyon eğrileri (ÇDURE) yöntemi ile farklı YSA algoritmalarından faydalanmıştır. Elde ettiği tahmin sonuçlarını birbirleri ile kıyaslamıştır. Tahmin sonuçlarından yola çıkarak ÇDURE ve YSA yöntemlerinin oldukça başarılı sonuçlar verdiğini belirlemiştir.

Buyukyildiz ve Kumcu (2017), Çoruh Nehri Havzası'nda DSİ tarafından işletilmekte olan gözlem istasyonuna ait AKM ve Q verileri ile AKM tahmini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında, uyarlanabilir nöro-bulanık çıkarım sistemi (ANFIS), destek vektör makinesi (SVM), destek vektör regresyonu (SVR) ve YSA yöntemleri ile tahmin modelleri kurmuşlardır. SVR ile kurdukları tahmin modelinin diğer modellere kıyasla daha başarılı sonuçlar verdiğini açığa çıkarmışlardır.

Sari vd. (2017), Potiribu Nehri'ni (Brezilya) çalışma alanı olarak belirledikleri çalışmalarında AKM tahmini gerçekleştirmişlerdir. Arazi çalışmalarından elde ettikleri H, AKM ve T verileri ile YSA yöntemini kullanarak tahmin modellerinin eğitilmesini sağlamışlardır. Az sayıda H ve T verilerinden başarılı tahmin sonuçları elde ettiklerini ifade etmişlerdir.

Sirabahenda vd. (2017), Prens Edward Adası'nda (Kanada) seçtikleri alt havzalarda AKM tahmini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında havzalarda kurulu olan hidrometrik gözlem istasyonlarından temin ettikleri akış verilerini kullanmışlardır. uyarlanabilir nöro-bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) yöntemlerinden faydalananarak tahmin çalışmalarını yürütmüşlerdir. Tahmin çalışması ile AKM'yi başarılı bir şekilde modelleyip, oluşturulan modelin diğer havzalarda kullanılabilir olduğunu öne çıkarmışlardır.

Erdoğan (2019), Doğu Karadeniz Havzası'nda belirlediği altı gözlem istasyonunda su kalitesi takibi gerçekleştirmiştir. Elde ettiği gözlem verileri ile AKM tahmini yapmıştır. Tahmin çalışmasında girdi olarak Q ve T parametrelerine yer vermiştir. RA ve YSA yöntemlerini kullanarak tahmin çalışmalarını gerçekleştirmiştir. YSA yöntemi ile kabul edilebilir sonuçlar tespit etmiştir.

İlhan (2019), Filyos Nehri'nde AKM, T, demir ve krom parametrelerinin takibini gerçekleştirmiştir. Bu verilere ek olarak DSİ'den çalışma dönemine ait Q değerlerini de temin ederek AKM tahmin modelleme çalışması gerçekleştirmiştir. Modelleme çalışmasında YSA yöntemini kullanarak tahmin analizlerini tamamlamıştır. Tahmin modellerinde demir, krom, Q ve T verilerini girdi olarak kullanmıştır. Analizler sonucunda AKM'yi laboratuvar sonuçlarıyla çok yakın tahmin etmeyi başarmış, AKM tahmininde demir, krom, Q ve T verilerinin büyük ölçüde önemi olduğunu açığa çıkarmıştır.

Kisi ve Yaseen (2019), Eel Nehri'nde (ABD) bulunan USGS'e ait gözlem istasyonlarından elde ettikleri AKM ve Q verileri ile AKM'yi tahmin etmişlerdir. Çalışmalarında ANFIS yönteminden faydalanmışlardır. Tahmin sonuçlarını gözlem verileri ile karşılaştırmışlardır. Kurulan tahmin modelinin Eel Nehri için oldukça başarılı tahmin sonuçları verdiğini, gerçek zamanlı bir tahmin modeli olarak oldukça nitelikli olduğunu ifade etmişlerdir.

Ekinci (2022), Yeşilırmak Havzası'nda bulunan gözlem istasyonlarına ait debi ve AKM verilerini girdi olarak kullanarak AKM tahmin çalışması gerçekleştirmiştir. Çalışmasında RA ve YSA yöntemlerini kullanmıştır. YSA yöntemine ait tahmin sonuçlarının ölçülen AKM değerleri ile yüksek korelasyon gösterdiğini ifade etmiştir. Sediment ölçümünün mümkün olmadığı zaman diliminde YSA yöntemi ile AKM'yi güvenilir şekilde belirlemenin mümkün olduğu sonucuna varmıştır.

Ayrıca DÖ yöntemi ile de son yıllarda AKM konsantrasyonlarının modellenmesinde de kullanılmaktadır. Bu yöntem, farklı disiplinlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmalar, iklimsel, jeolojik ve hidrolojik parametrelerin AKM tahmin modellerinde girdi

olarak kullanıldığını göstermektedir (Cisty vd. 2021; Idrees vd. 2021; Naruse ve Nakao, 2021; Ying vd. 2020).

Yukarıda sıralanan literatür özeti ışığında, akarsularda AKM değişiminin takibinde en güvenilir sonucun doğrudan ölçümlerden alındığı anlaşılmıştır. Ülkemizde sediment ölçümlerine 1961 yılında DSİ ve EİE tarafından başlanılmış olup bu ölçümler 2011 yılına kadar iki kurum iş birliği ile sürdürülmekteydi. 2011 yılı itibarıyla da ölçümler yalnızca DSİ tarafından günümüze dek genellikle aylık periyotlarda 184 SGİ’de yürütülmektedir (URL-2, 2022). Sediment gözlemlerinin sadece sınırlı sayıda havzalarda gerçekleştirilmesi, su kaynakları bakımından oldukça zengin olan ülkemizde olumsuz bir durum olarak dikkat çekmektedir. Bu sayının yetersiz olduğu ve her akarsu havzasında bu ölçümlerin yapılmadığı da aşîkârdır. Ayrıca, literatürde araştırmacılar tarafından yürütölen sediment gözlem çalışmaları incelendiğinde çalışmaların kısıtlı sürelerde kaldığı (aylık veya mevsimsel) ve yalnızca bir akarsu havzası özelinde olduğu görölmüşür. Sadece bir havzayı değıl komşu havzaları da konu alan 15 günlük periyotlarla gerçekleştirilen uzun süreli çalışma eksikliği olduğu belirlenmiştir. Trabzon ili için içme ve kullanma suyu temininde oldukça öneme sahip olan Değırmendere Havzası özelinde son kapsamlı çalışmanın Satılmış (2015) tarafından yapıldığı, Galanima ve Yomra havzalarında AKM takibi konusunda kapsamlı bir çalışma bulunmadığı sonucuna varılmıştır.

Ayrıca literatürde AKM takibine yönelik çalışmaların genellikle gün içi saatlerinde yapıldığı, günün farklı saatlerinde akarsular tarafından taşınan AKM konsantrasyonunun belirlenmesine yönelik haftalık periyotlarla gerçekleştirilen bir çalışma olmadığı da anlaşılmıştır. AKM konsantrasyonunun gün doğumu ve gün ortası saatlerinde değışiminin haftalık periyotlarla takibine yönelik bir çalışma bulunmadığı görölmüşür.

Uzaktan algılama yöntemleri ile gerçekleştirilen çalışmalarda genellikle uydu görüntülerinden faydalanıldığı ve bu modellerin test edilmesinde kurum/kuruluşlara ait hazır gözlem verilerinden yararlanıldığı anlaşılmıştır. Bu çalışmalarda uydu görüntülerinin ortalama 15 günlük tarama döngüsüne sahip olduğu ve hazır gözlem verilerinin de bu tarama takvimine denk gelmeme riskinin olduğu dikkat çekmiştir. Bu bakımdan dron ve cep telefonu kamera görüntüleri ile gerçekleştirilen çalışmaların daha kolay yürütölebilir olduğu anlaşılmıştır. Dron ile gerçekleştirilen çalışmalarda iklim şartlarının uçuşa elverişli olması gerekliliğı risk oluşturmaktadır. Cep telefonu kamerası ile kayıt edilen görüntüler ile yürütölecek çalışmaların iklim/örnekleme koşullarından daha az etkilenebileceğı kanaatine varılmıştır.

AKM modelleme çalışmalarına yönelik literatür çalışmaları incelendiği zaman tahmin modellerinin eğitilmesinde genellikle su kalite parametreleri ile geçmiş yıllara yönelik AKM konsantrasyonları, Q ve T'den faydalandığı anlaşılmıştır. YSA ile gerçekleştirilen çalışmaların baskın olduğu görülmüştür. Genellikle çalışmaların tek bir akarsu havzası ile sınırlı olduğu da anlaşılmıştır.

1.3. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Akarsularda AKM'nin belirlenmesinde en doğru sonuçlar doğrudan ölçümler ile elde edilmektedir. DSİ (2013) sediment yıllığı incelendiğinde Doğu Karadeniz Havzası'nda AKM takibinin sınırlı sayıda akarsuda yürütüldüğü, Trabzon ilinde bulunan akarsulardan yalnızca üç tanesinde (Fol, Değirmendere ve Karadere akarsuları) gözlem yapıldığı anlaşılmıştır. Trabzon ili için yüksek öneme sahip Değirmendere Havzası'nda AKM takibi gerçekleştirilirken bu havzanın batı ve doğu komşuluğunda bulunan Galanima ve Yomra havzalarında AKM takibinin hiç yapılmadığı anlaşılmıştır. Ayrıca Galanima, Değirmendere ve Yomra akarsu havzalarını bütün olarak ele alan çalışmalara rastlanmamıştır.

Çalışmanın amacı:

- Galanima, Değirmendere ve Yomra havzalarında AKM taşınımının zamana bağlı değişimini araştırmak,
- Galanima, Değirmendere ve Yomra havzaları boyunca membadan mansaba doğru yerleşim birimlerinin AKM üzerine olan etkisini açığa çıkarmak,
- Galanima, Değirmendere ve Yomra akarsularının Karadeniz'e taşıdığı AKM yükünü belirlemek, gözlem süresi boyunca komşu havzalarda AKM taşınım dinamiklerinin birbirleri ile karşılaştırmak,
- Gözlem istasyonlarında AKM takibinin yanı sıra örneklemeler ile eş zamanlı olarak bulanıklık parametresinin ölçümünün gerçekleştirilmesi,
- Gün doğumu ve gün ortasında Aşağı Değirmendere Havzası'nda AKM taşınımının ve T parametresinin zamana bağlı değişimini belirlemek,
- AKM, Q ve T parametreleri arasındaki ilişkinin irdelenmesi,
- Akarsu yüzey görüntüleri kullanılarak AKM konsantrasyonunun sınıflandırılması,
- AKM konsantrasyonunun farklı tahmin yöntemleri ile modellenmesi.

Yukarıda sıralanan amaçlar doğrultusunda Galanima, Değirmendere ve Yomra havzalarında belirlenen toplamda 12 adet AKM gözlem istasyonunda Aralık 2019-Kasım

2022 tarihleri arasında ayda iki kez ham su örnekleri toplanmış ve örnekler laboratuvarda filtre edilmiştir. Ayrıca, örneklemler gerçekleştirilirken havzalarda bulunan AGİ'ler vasıtasıyla seviye okumaları yapılacak anlık Q değerleri hesap edilmiştir. Çalışmanın son bir yıllık periyodunda bütün AKM gözlem istasyonlarında yerinde T ölçümleri alınmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında birbirine komşu durumda bulunan havzalarda AKM konsantrasyonunun ve T'nin membadan mansaba doğru değişimi irdelenmiş, insan faaliyetlerinin Değirmendere Akarsuyu üzerinde etkileri açığa çıkarılmış, akarsu yüzey görüntüleri ile AKM konsantrasyonu sınıflandırması gerçekleştirilmiş ve tahmin modelleri ile AKM tahmini yapılmıştır.



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, çalışmanın gerçekleştirildiği alanın tanımı, özellikleri ile ayrıca çalışma kapsamında kullanılan yöntemler detaylı olarak açıklanmıştır.

2.1. Çalışma Alanı

Ülkemiz su kaynaklarının tespiti, geliştirilmesi ve kullanılması için hidrolojik olarak 25 alt havzaya ayrılmış olup Doğu Karadeniz Havzası bu havzalar arasında 22. sırada bulunmaktadır. DSİ (2022) verilerine göre 22,846 km² havza yağış alanına sahip olan Doğu Karadeniz Havzası yıllık 16.40 km³ su potansiyeline sahip olup yüz ölçümü olarak Türkiye'nin yaklaşık % 3'üne denk gelmektedir. Havza Şekil 2'de verilen birbirine paralel uzanan akarsuların oluşturduğu havzalarının birleşiminden oluşmaktadır.

Doğu Karadeniz Havzası; 40° 10' - 41° 30' kuzey enlemleri ile 36° 50' - 41° 40' doğu boylamları arasında konumlanıp, Türkiye'nin kuzeydoğusunda bulunmaktadır. Kuzeyde Karadeniz ile sınırlanan havza doğuda Kaçkar Dağları, güneyde Yamanlı, Soğanlı, Kemer ve Iğdır dağları ile çevrelenmekte olup batıda Çarşamba Ovası'na kadar uzanmaktadır. Ordu, Rize ve Trabzon illerinin tamamı, Artvin, Bayburt, Erzurum, Giresun, Gümüşhane, Samsun, Sivas ve Tokat illerinin bir kısmı da Doğu Karadeniz Havzası sınırları içerisinde yer almaktadır.



Şekil 2. Doğu Karadeniz Havzası genel görünümü

Havzayı iklim şartları bakımından iki kısma ayırmak mümkündür. Yüksek dağların denize bakan yamaçlarında engebelerin etkisiyle değişiklik göstermesi ile beraber yağışlı bir

iklim hakimken, iç kesimlerde nispeten kurak bir iklim hakimdir. Karadeniz etkisi altında kalan sahil kesiminde kışlar ılık ve yağmurlu, yazlar ise serin ve nispeten yağışlıdır. İç kesimlerde ise kışlar soğuk ve yağışlı, yazlar ise ılık ve kurak geçmektedir. Türkiye'nin en çok yağış alan bölgesi Doğu Karadeniz Havzası her mevsim yağışlı ve ortalama yağış yüksekliği Su Yönetimi Genel Müdürlüğü 2020 yılı verilerine göre 1,198 mm; yıllık ortalama akışı ise 566.23 m³/s'dir. Bölgenin en çok yağış alan ili yıllık ortalama 2,302 mm yıllık yağış yüksekliğine sahip olan Rize'dir. Havza içerisinde bulunan diğer illere ait ortalama yıllık yağış yükseklikleri de Tablo 1'de verilmektedir (URL-3, 2022).

Tablo 1. Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan illere ait yıllık ortalama yağış yükseklikleri (URL-3, 2022)

İl	Yağış yüksekliği (mm)
Ordu	1,047
Rize	2,302
Giresun	1,290
Trabzon	828
Gümüşhane	459
Artvin	690
Bayburt	447
Erzurum	429
Samsun	717
Sivas	430
Tokat	434

Trabzon ili 4,664 km² yüzey alanı ve toplamda 816,684 kişilik nüfusu ile Doğu Karadeniz Bölgesi'nde en kalabalık nüfusa sahip yerleşim yerlerinden birisidir. Batıdan doğuya doğru Ağasar, Fol, Galanima, Değirmendere, Yomra, Karadere ve Solaklı akarsu havzaları Trabzon il sınırı içerisinde bulunmaktadır (URL-4, 2023).

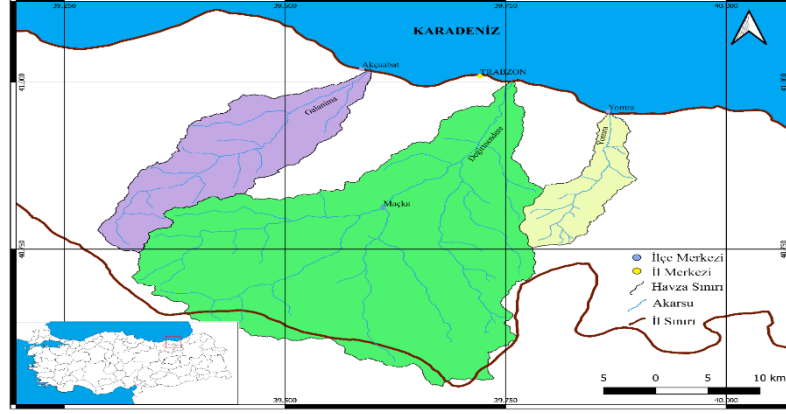
Trabzon ili doğusunda Rize, güneyinde Gümüşhane ve Bayburt, batısında Giresun illeri ve kuzeyinde ise Karadeniz ile çevrelenmektedir. Dağlık bir coğrafyaya sahip olan Trabzon ilinde düz alanların büyük çoğunluğu sahil şeridini oluşturmaktadır. Trabzon, iklim özellikleri dikkate alındığı zaman tipik Karadeniz İklimi özelliklerini taşımaktadır. Her mevsim yağış görülen iklim tipinde yazları orta sıcaklıkta kışlar ise ılık geçmektedir. Ayrıca Trabzon ilinin güneyde dağlık arazi ile çevrelenmesi ve kuzeyde Karadeniz'in de etkisiyle komşu illerden daha ılıman bir iklim görülmektedir.

Su kaynakları bakımından oldukça zengin olan Trabzon irili ufaklı birçok akarsuya ev sahipliği yapmaktadır. Bu akarsuların debileri genellikle çok yüksek değildir. Yaz-kış kurumayan akarsulara ait akım değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Tabloda akarsular batıdan doğuya doğru olacak şekilde sıralanmıştır.

Tablo 2. Trabzon ili başlıca akarsuları (Trabzon İ.Ç.D.R., 2022)

Akarsu İsmi	Toplam Akım (hm ³ /yıl)
Fol	119.98
Çarşıbaşı	31.70
Galanima	100.80
Yıldızlı	49.56
Değirmendere	493.23
İkisu	45.70
Yomra	69.60
Yanbolu	169.58
Karadere	355.14
Manahoz	163.69
Solaklı	458.77
Baltacı	325.42
İyidere	444.81
Toplam	2,827.98

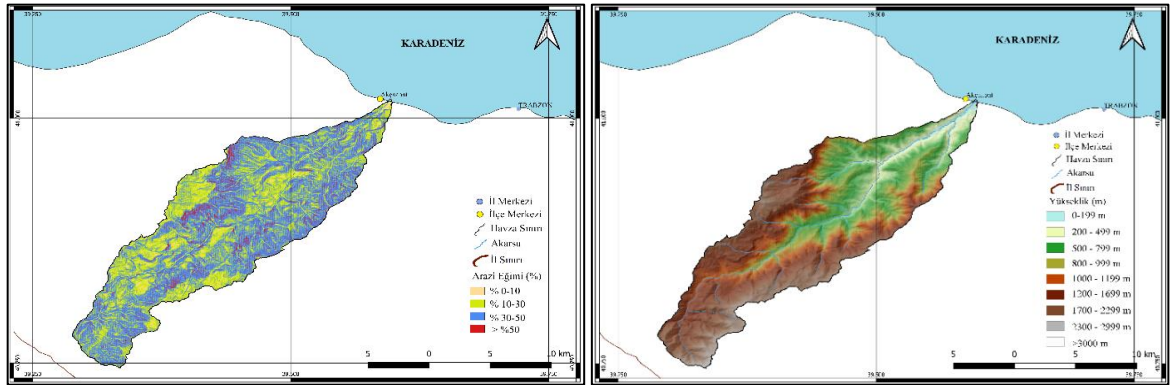
Çalışma alanı olarak seçilen havzaların özellikleri aşağıda verilmektedir (Şekil 3). Çalışma alanı Trabzon ili için yüksek öneme sahip olan ve içme - kullanma suyu temininin gerçekleştirildiği Değirmendere Havzası ile bu havzanın batı ve doğusunda bulunan Galanima ve Yomra havzaları olarak belirlenmiştir. Bu havzalarda Aralık 2019-Kasım 2022 tarihleri arasında AKM ve Q takibi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Aralık 2021-Kasım 2022 tarihlerinde bu parametrelere ek olarak T takibi de yapılmıştır. Ham su örnekleri her bir havzada belirlenen dört toplamda 12 adet AKM gözlem istasyonunda ayda iki kez toplamda 70 kez toplanmıştır. Havza özellikleri coğrafi konumları dikkate alınarak batıdan doğuya olacak şekilde sıralanmıştır.



Şekil 3. Çalışma alanı olarak seçilen havzaların genel görünümü

2.1.1. Galanima Havzası

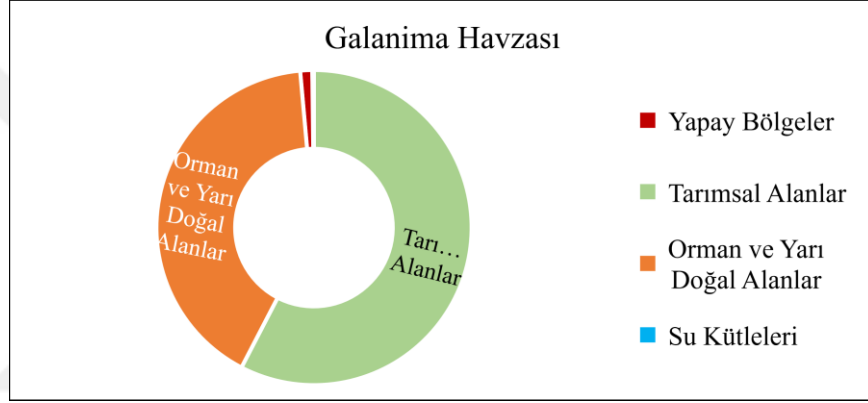
Galanima Havzası, $40^{\circ}45'-41^{\circ}00'$ kuzey enlemleri ile $39^{\circ}20'-39^{\circ}35'$ doğu boylamları arasında, Trabzon il merkezinin yaklaşık olarak 15 km batısında yer almaktadır. Güneyde yaklaşık 1,700 m kotundan Kumanandoz Yaylası'ndan kaynak alan havza kuzeyde Karadeniz kıyısı ile sonlanmaktadır (Atmaca, 2005). Karanlık, Sakaltutan, Kale, Yedigözü, Kemaliye ve Lahana dereleri gibi yan kollar birleşerek Galanima Akarsuyu'nu meydana getirmektedir (Karagüllü, 2015). Havza iç kesimlere gidildikçe artan yükseltiye, ayrıca yüksek dağlık araziler nedeniyle de oldukça eğimli bir topoğrafyaya sahiptir. Havza topraklarının büyük bölümü % 40-70 arasında değişen bir eğime sahiptir (Karagül, 1999). Çalışma alanının eğim ve yükselti yapısını daha anlaşılır şekilde ortaya koyabilmek adına havzaya ait eğim ve yükselti haritaları Şekil 4'te sunulmuştur.



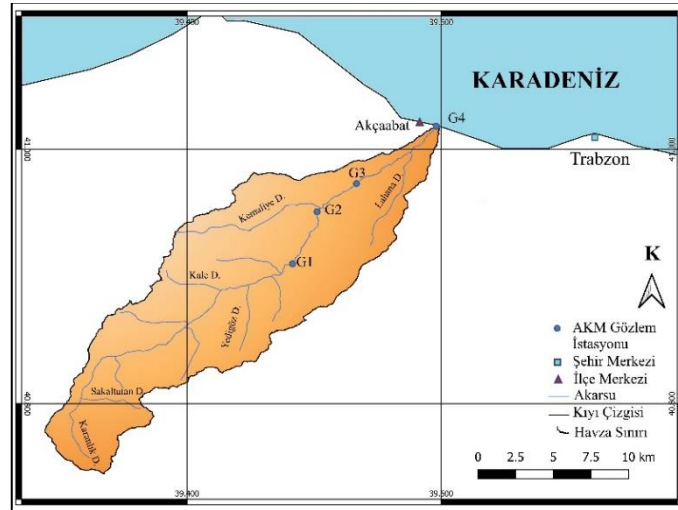
Şekil 4. Galanima Havzası eğim ve yükselti haritaları

Jeolojik formasyon olarak genellikle kötü katmanlı, gevşek çimentolu, polijenik heterojen konglomera ve breşten oluşan Galanima Havzası'nda 2,000 m kotuna kadar değişik orman türlerine (akağaç, gürgen, huş, ıhlamur, karaağaç, kavak, kayın, kestane, köknar, ladin, meşe, sarıçam vb.) rastlanmaktadır. Havza genelinde tarımsal alanlar ile orman ve yarı doğal alanlar baskın bir yapıya sahiptir (Şekil 5, URL-5, 2023).

Tamamı Trabzon il sınırları içerisinde kalan Galanima Havzası yaklaşık olarak 270 km² drenaj alanına sahiptir (Şekil 6). Havza içerisinde faaliyet gösteren; konkasör tesisi, su değirmenleri, sağlık kurum ve kuruluşları, oto tamirhanelerinin yanı sıra birçok hazır beton üretim, akaryakıt dolum, spor ve sanayi tesisleri bulunmaktadır (Trabzon İ.Ç.D.R., 2022).



Şekil 5. Galanima Havzası arazi kullanım sınıflandırması (URL-5, 2023)



Şekil 6. Galanima Havzası akarsu ağı ve AKM gözlem istasyonları

Akçaabat ilçe merkezinin bir kısmı ve Düzköy ilçesi ile Demirkapı, Ortaalan, Sertkaya, Işıklar, Tatlısu ve Helvacı gibi önemli yerleşim yerleri de havza içerisinde yer almaktadır.

1926 yılında yapımına başlanan Türkiye'nin ilk depolamasız nehir tipi HES olan Işıklar (Visera) HES Galanima Havzası sınırları içerisinde bulunmaktadır. İnşası tamamlandığında 0.52 KW güce sahip iki adet türbin ile enerji üretmeye başlayan santral 1990 yılına kadar kesintisiz hizmet vermiştir. 19 Haziran 1990 tarihinde meydana gelen yoğun yağışların sebep olduğu taşkın neticesinde zarar gören tesis 1990-2005 tarihleri arasında âtil kalmış, 2005 yılında özelleştirilmesi ile yeniden üretime başlamış ve tesis yaklaşık olarak 2.45 GWh enerji üretimi kapasitesine sahip olup, yıllık olarak 23.58 GWh enerji üretimi gerçekleştirebilmektedir (Trabzon İ.Ç.D.R., 2022).

Galanima Akarsuyu'nda AKM takibinin gerçekleştirileceği AKM gözlem istasyonlarının konumlarına 04.07.2019 tarihinde gerçekleştirilen keşif gezisiyle karar verilmiştir. Havzayı bir bütün olarak değerlendirebilmek için AGİ konumu, kirletici kaynaklar, topografik yapı ve yan kol katılımları dikkate alınarak toplamda dört AKM gözlem istasyonu belirlenmiştir.

G1 AKM gözlem istasyonu Doğanköy mevkiinde, DSİ tarafından işletilmekte olan D22A154 no'lu Şinik AGİ'nin membaında, bulunmaktadır. G2 AKM gözlem istasyonu ise Şinik AGİ'nin mansabında konumlandırılmıştır. G1 ve G2 AKM gözlem istasyonları arasında Şinik Organize Sanayi Bölgesi ile Trabzon Büyükşehir Belediyesi Cevizli Konkasör Tesisleri yer almaktadır. G3 AKM gözlem istasyonu havzanın denize döküldüğü noktadan bir önceki istasyon olarak konumlandırılmış, G4 AKM gözlem istasyonu ise havzanın çıkış noktasında konumlandırılmıştır. G3 ve G4 AKM gözlem istasyonları arasında yerleşim bölgeleri sıklaşmakta ve üretim gösteren sanayi tesisleri (et kombine tesisi, beton üretim santrali, su değirmeni, depolama alanları, akaryakıt istasyonları, oto tamirhaneleri ve oto yıkama işletmeleri) yer almaktadır.

2.1.1.1. G1 AKM Gözlem İstasyonu

Galanima Akarsuyu ana kolu üzerinde bulunan ilk gözlem istasyonudur (Şekil 7). E97 Akçaabat-Düzköy Karayolu'nun 17. km'sinde ve 40°54'35.64" K-39°28'58.44" D koordinatlarında yer almaktadır.



Şekil 7. G1 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (24.09.2020)

2.1.1.2. G2 AKM Gözlem İstasyonu

Galanima Akarsuyu ana kolu üzerinde bulunup seçilen ikinci gözlem istasyonudur (Şekil 8). E97 Akçaabat-Düzköy Karayolu'nun 11. km'sinde $40^{\circ}57'03.95''$ K- $39^{\circ}30'08.64''$ D koordinatlarında yer almaktadır. Bu istasyon aynı zamanda DSİ tarafından işletilen D22A154 no'lu Şinik AGİ ile de aynı konumda bulunmaktadır.



Şekil 8. G2 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (06.06.2021)

2.1.1.3. G3 AKM Gözlem İstasyonu

Gözlem istasyonu, Galanima Akarsuyu ana kolu üzerinde bulunup seçilen üçüncü gözlem istasyonudur (Şekil 9). Galanima Akarsuyu'nun Karadeniz'e döküldüğü noktadan önce konumlandırılmış istasyondur. E97 Akçaabat-Düzköy Karayolu'nun 7. km'sinde ve $40^{\circ}58'22.58''$ K- $39^{\circ}32'00.42''$ D koordinatlarında yer almaktadır.



Şekil 9. G3 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (06.06.2021)

2.1.1.4. G4 AKM Gözlem İstasyonu

Gözlem istasyonu, Galanima Akarsuyu ana kolu üzerinde bulunup seçilen dördüncü gözlem istasyonudur (Şekil 10). E97 Akçaabat-Düzköy Karayolu'nun D010 Karayolu ile kesişiminin hemen kuzey kısmında $41^{\circ}01'05.10''$ K- $39^{\circ}35'45.85''$ D koordinatlarında yer almaktadır. Bu istasyon aynı zamanda havza çıkış noktasında bulunmaktadır. Örneklemeler deniz suyu ile karışım olmayan bölgede gerçekleştirilmiştir.

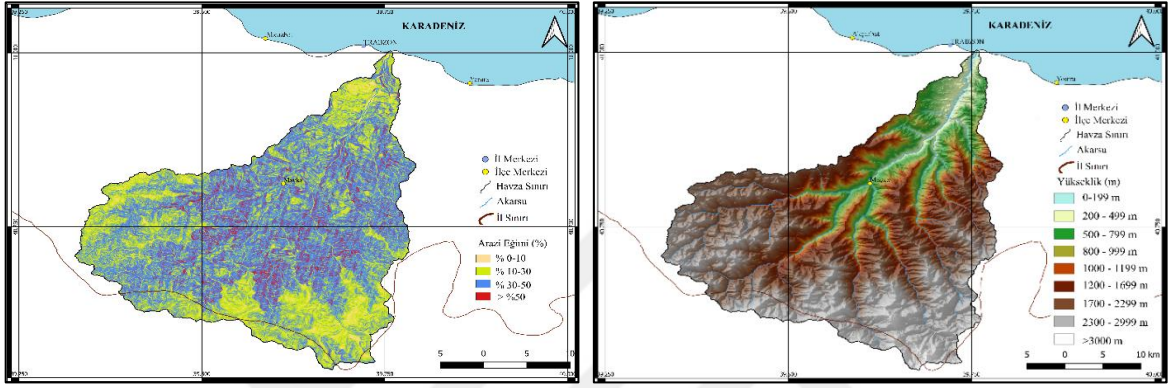


Şekil 10. G4 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (06.07.2021)

2.1.2. Değirmendere Havzası

Değirmendere Havzası, $40^{\circ}30'-41^{\circ}00'$ kuzey enlemleri ile $39^{\circ}20'-39^{\circ}50'$ doğu boylamları arasında, Trabzon il merkezinin 4 km doğusunda yer almaktadır. Güneyde Gümüşhane il sınırları içinden yaklaşık 2,300 m kotundan Kalkanlı ve Zigana dağlarından

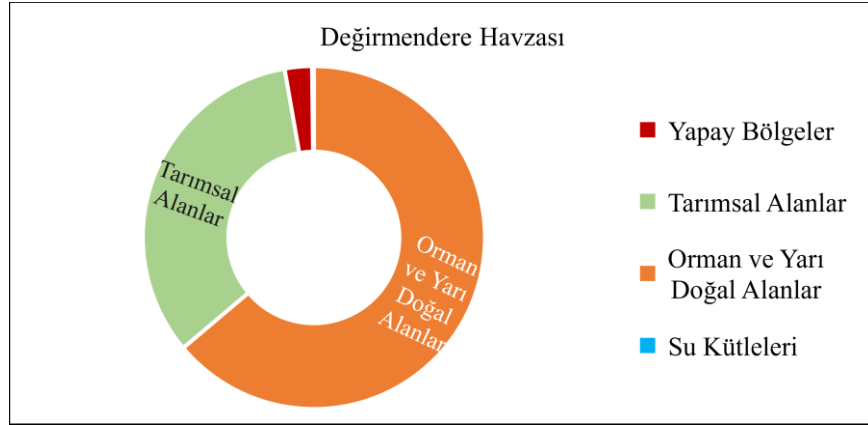
kaynak alan havza kuzeyde Karadeniz kıyısı ile son bulmaktadır. Hamsiköy, Acısu, Sümela, Altındere, Maçka, Galyan, Kuşul ve Kendirli dereleri gibi yan kollar birleşerek Değirmendere Akarsuyu'nu oluşturmaktadır. Havza eğimi özellikle yüksek kotlarda oldukça fazladır. Havzada % 10 ve daha düşük eğime sahip bölgeler havzanın yaklaşık % 10.7'sini oluşturmaktadır. Değirmendere Havzası'na eğim ve yükselti yapısının daha anlaşılabilir olması için havzaya ait eğim ve yükselti haritaları Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11. Değirmendere Havzası eğim ve yükselti haritaları

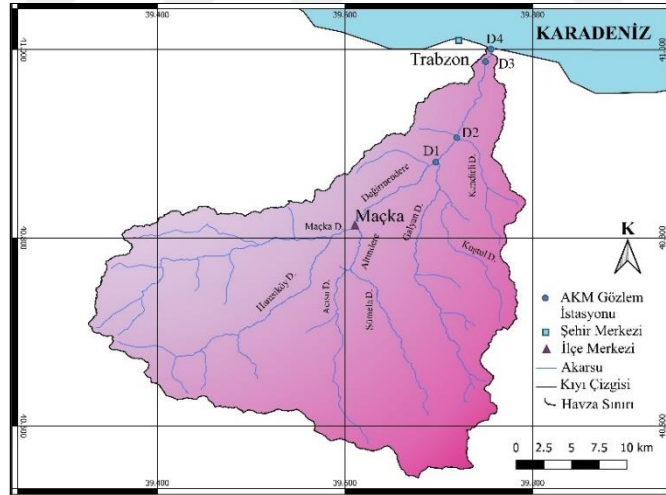
Jeolojik formasyon olarak genellikle andezit, bazalt, kireçtaşı, kiltası ve marn içermektedir. Değirmendere Havzası'nda bitki örtüsü 0-300 m kotları arasında psödomaki, 300-750 m kotları arasında geniş yapraklı hakimiyetinde etek ormanı (akçaağaç, kızılbaş, gürgen, meşe, vb.), 750-1,200 kotları arasında geniş-ığne yapraklı karışık orman, 1,200-1,850 m kotları arasında (sarıçam, ladin vb.), 1,850-2,000 m kotları arasında çalı ve otsu formasyon, 2,000 m'den yüksek kotlarda ise alpin çayırlara rastlanmaktadır (Kılıçaslan, 1994). Havza genelinde tarımsal alanlar ile orman ve yarı doğal alanlar baskın bir yapıya sahiptir (Şekil 12, URL-5, 2023).

Büyük kısmı Trabzon il sınırları içerisinde kalan Değirmendere Havzası yaklaşık olarak 1,042 km² drenaj alanına sahiptir (Şekil 13). Havzanın yüz ölçümü olarak yaklaşık % 11'i Gümüşhane il sınırları içerisinde kalmaktadır. Havza içerisinde birçok yerleşim yeri, kömür işletmeleri, taş ocağı, soğuk hava deposu, su değirmenleri, eğitim, sağlık kurum ve kuruluşları, oto tamirhanelerinin yanı sıra birçok taş kırma eleme ve hazır beton üretim, akaryakıt dolum, alabalık üretim, lastik kaplama, mermer işleme, spor ve sanayi tesisleri bulunmaktadır (Trabzon İ.Ç.D.R., 2022). Trabzon il merkezinin bir kısmı ve Maçka ilçesinin yanı sıra Akoluk, Çağlayan, Çukurçayır, Esiroğlu, Şahinkaya gibi önemli yerleşim yerleri de havza içerisinde yer almaktadır.



Şekil 12. Değirmendere Havzası arazi kullanım sınıflandırması (URL-5, 2023)

Trabzon ili içme, kullanma ve endüstriyel su ihtiyacı bu havza içerisinde inşa edilen Atasü Barajı'ndan temin edilmektedir. Buradan temin edilen su Esiroğlu İçmesuyu Arıtma Tesisi'nde arıtıma tabi tutulmasının ardından Ortahisar, Akçaabat, Maçka ve Yomra ilçelerinde su ihtiyacını gidermek üzere kullanıma sunulmaktadır. Havza içerisinde ayrıca aktif olarak elektrik üretimi gerçekleştiren 11 adet HES bulunmaktadır. Bu tesislerden yıllık olarak 229.46 GWh enerji üretimi sağlanmaktadır (Trabzon İ.Ç.D.R., 2022).



Şekil 13. Değirmendere Havzası akarsu ağı ve AKM gözlem istasyonları

Değirmendere Akarsuyu'nda AKM takibinin gerçekleştirileceği gözlem istasyonlarının konumlarına 04.07.2019 tarihinde gerçekleştirilen keşif gezisinde karar verilmiştir. Havzanın bir bütün olarak değerlendirilebilmesi için akım gözlem istasyonunun konumu, kirletici kaynaklar, topografik yapı ve yan kol katılımları gibi durumlar dikkate alınarak toplamda dört AKM gözlem istasyonu konumlandırılmıştır. D1 AKM gözlem

istasyonu Öğütlü mevkiinde, DSİ tarafından işletilmekte olan D22A086 no'lu Öğütlü AGİ'nin mansabında bulunmaktadır. Bu istasyon havza faaliyetlerinin daha seyrek olduğu kısımda ve öncesinde yoğun bir havza faaliyeti yürütülmemektedir. D2 AKM gözlem istasyonu ise AGİ'nin mansabında Galyan Deresi yan kolunun ana kola katılımından hemen sonra konumlandırılmıştır. Bu istasyon Atasü Barajı'nda hidrolik bekleme süresine maruz kalan Galyan Deresi yan kolunun ana kola katılımı gerçekleşmekte, içmesuyu arıtma tesisi ve seyrek yerleşim bölgeleri yer almaktadır. D3 AKM gözlem istasyonu Değirmendere'nin Karadeniz'e döküldüğü bölgenin hemen öncesinde konumlandırılmış, D2 AKM gözlem istasyonu ile aralarında beton santralleri, akaryakıt dolun tesisleri, oto tamirhaneleri, mermer işleme atölyeleri, taş ocakları, soğuk hava depoları, kömür depolama, işleme ve paketleme tesisleri, eğitim, sağlık kurum ve kuruluşları ve yerleşim bölgeleri yer almaktadır. D4 AKM gözlem istasyonu ise havzanın çıkış noktası olarak seçilmiştir. Bu istasyon öncesinde su değirmeni, oto tamirhaneleri ve sanayi bölgesi, galericiler sitesi, eğitim kurumu ve yerleşim yerleri bulunmaktadır.

2.1.2.1. D1 AKM Gözlem İstasyonu

Gözlem istasyonu, Değirmendere Akarsuyu ana kolu üzerinde bulunan ilk gözlem istasyonudur (Şekil 14). D885 Trabzon-Erzurum Karayolu'nun 17. km'sinde ve 40°52'10.90" K-39°41'03.30" D koordinatlarında yer almaktadır. DSİ tarafından işletilen D22A086 no'lu Öğütlü AGİ'nin mansabında bulunmaktadır.



Şekil 14. D1 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (17.01.2022)

2.1.2.2. D2 AKM Gözlem İstasyonu

Gözlem istasyonu, Değirmendere Akarsuyu ana kolu üzerinde seçilen ikinci gözlem istasyonudur (Şekil 15). D885 Trabzon-Erzurum Karayolu'nun 11. km'sinde $40^{\circ}54'01.60''$ K- $39^{\circ}42'57.60''$ D koordinatlarında yer almaktadır. Bu istasyon Galyan Deresi ile Değirmendere Akarsuyu'nun birleşim noktasının hemen mansabında konumlandırılmıştır.



Şekil 15. D2 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (17.01.2022)

2.1.2.3. D3 AKM Gözlem İstasyonu

Gözlem istasyonu, Değirmendere Akarsuyu ana kolu üzerinde bulunup seçilen üçüncü gözlem istasyonudur (Şekil 16). D885 Trabzon-Erzurum Karayolu'nun 2. km'sinde $40^{\circ}59'03.08''$ K- $39^{\circ}45'01.55''$ D koordinatlarında yer almaktadır. Değirmendere Akarsuyu'nun Karadeniz'e döküldüğü bölgenin hemen öncesinde konumlanmaktadır.



Şekil 16. D3 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (17.01.2022)

2.1.2.4. D4 AKM Gözlem İstasyonu

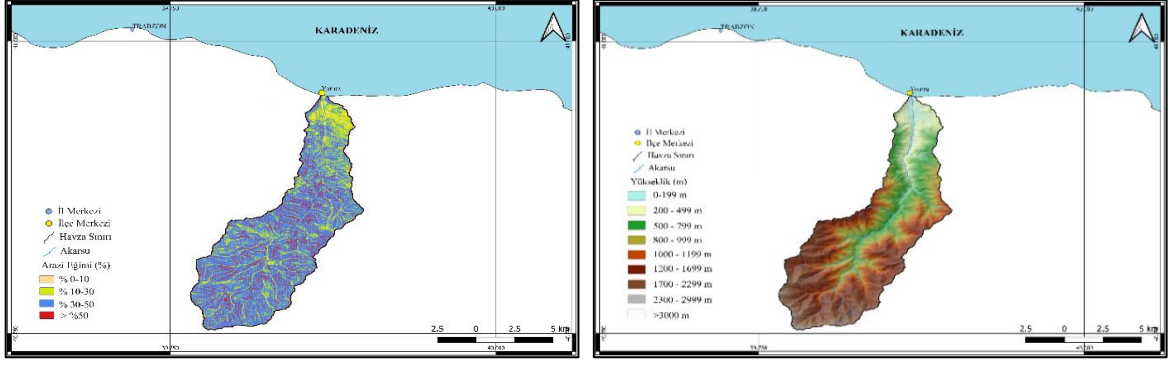
Gözlem istasyonu, Değirmendere Akarsuyu ana kolu üzerinde bulunup seçilen dördüncü gözlem istasyonudur (Şekil 17). D010 Devlet Karayolu'nun Değirmendere geçiş köprüsünün hemen altında $40^{\circ}00'10.90''$ K- $39^{\circ}45'26.10''$ D koordinatlarında yer almaktadır. Bu istasyon aynı zamanda havza çıkış noktasında bulunmaktadır. Örneklemeler deniz suyu ile karışım olmayan bölgede gerçekleştirilmiştir.



Şekil 17. D4 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (17.01.2022)

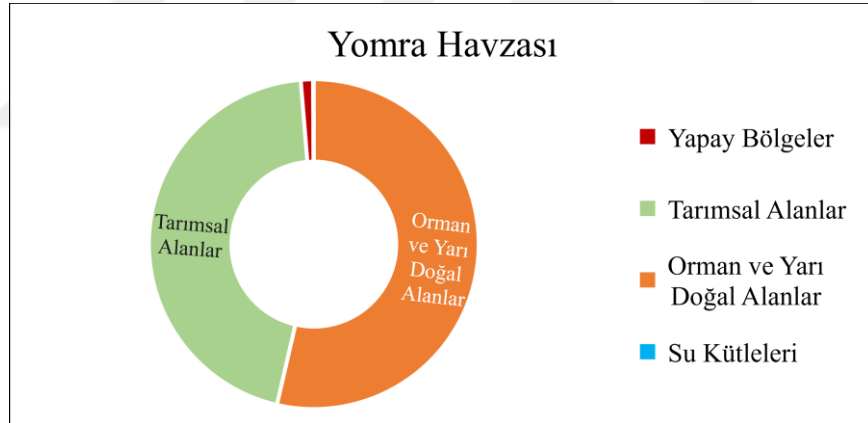
2.1.3. Yomra Havzası

Yomra Havzası, $40^{\circ}45'-41^{\circ}60'$ K ve $39^{\circ}45'-39^{\circ}55'$ D koordinatlarında, Trabzon il merkezinin yaklaşık olarak 15 km batısında yer almaktadır. Güneyde 2,117 m kotunda Seslikaya Tepesi'nden kaynak alan havza kuzeyde Karadeniz kıyısı ile son bulmaktadır. Demirciler, Cazılar, Hamo ve Alaşlı dereleri gibi yan kollar birleşerek Yomra Akarsuyu'nu oluşturmaktadır. Havzada kıyıda iç kesimlere doğru gidildikçe eğim ve yükselti değerleri artmaktadır. Bu durumu daha iyi anlayabilmek için havzaya ait eğim ve yükselti haritaları Şekil 18'de verilmiştir.



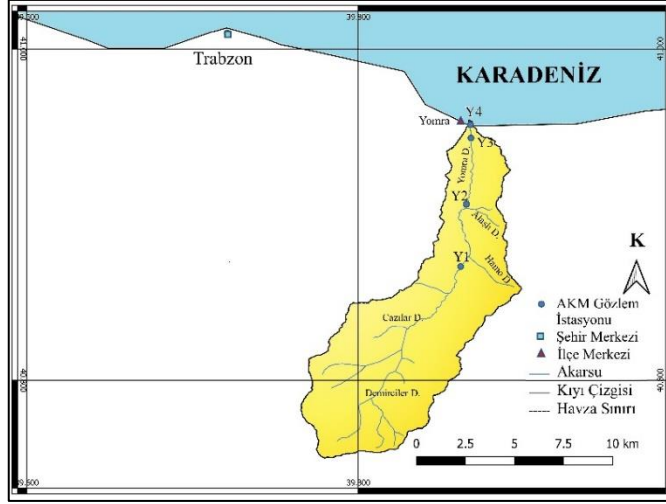
Şekil 18. Yomra Havzası eğim ve yükselti haritaları

Yomra Havzası'nda bitki örtüsü 0-300 m kotları arasında psödomaki, 300-1,200 m kotları arasında kızılâğaç, kestane, meşe, gürgen, kavak, ıhlamur, incir ve zeytin, diğer yayvan yapraklı ağaçlar, 1,200 m kotundan itibaren ise karaçam, sarıçam, köknar ve ladin gibi ağaç türlerine rastlanmaktadır. Havza genelinde tarımsal alanlar ile orman ve yarı doğal alanlar baskın bir yapıya sahiptir (Şekil 19, URL-5, 2023).



Şekil 19. Yomra Havzası arazi kullanım sınıflandırması (URL-5, 2023)

Tamamı Trabzon il sınırları içerisinde kalan Yomra Havzası yaklaşık olarak 110 km² drenaj alanına sahiptir (Şekil 20). Havza boyunca kurulu olan kömür işletmeleri, balık üretim çiftlikleri, beton üretim santralleri, patlatmalı taş ocakları, depolama sahalarına ek olarak taş kırma ve eleme, mermer işleme, fındık işleme, kömür depolama, eleme ve paketlenme, açık ve kapalı spor tesisleri gibi birçok tesis bulunmaktadır. Yomra ilçe merkezinin bir kısmı ve Demirciler, Özdil, Oymaltepe, Ocak Kömürcü ve Namikkemal gibi önemli yerleşim yerleri de havza içerisinde yer almaktadır.



Şekil 20. Yomra Havzası akarsu ağı ve AKM gözlem istasyonları

Ayrıca havzada aktif olarak elektrik üretimi gerçekleştiren 2.28 MW kurulu güce sahip bir adet HES yer almaktadır. Bu tesisten yıllık olarak 7.98 GWh enerji üretimi sağlanmaktadır (Makul, 2015; Trabzon İ.Ç.D.R., 2022). Havza içerisinde akış yoluyla taşınan AKM'nin taşınımını önlemek veya geciktirmek amacıyla inşa edilmiş iki adet tersip bendi de yer almaktadır. Çalışmaya başlandığı tarihte bu tersip bentleri tamamen dolu olduğu gözlemlenmiştir.

Yomra Akarsuyu'nda AKM takibinin gerçekleştirileceği gözlem istasyonlarının konumlarına 04.07.2019 tarihinde gerçekleştirilen keşif gezisinde karar verilmiştir. Havzayı bir bütün olarak değerlendirebilmek için kirletici kaynaklar, topografik yapı ve yan kol katılımları dikkate alınarak toplamda dört AKM gözlem istasyonu belirlenmiştir. Y1 AKM gözlem istasyonu Taşdelen mevkiinde bulunan taş ocağının hemen membaında havza faaliyetlerinin daha seyrek olduğu kısımda konumlandırılmış, bu istasyon öncesinde rezervuarı tamamen dolmuş bir adet tersip bendi ve alabalık tesisleri bulunmaktadır. Y2 AKM gözlem istasyonu ise Kömürcü mevkiinde konumlandırılmış, bu istasyon ile Y1 AKM gözlem istasyonu arasında bir adet taş ocağı, bir adet HES ve rezervuarı tamamen dolu bir adet tersip bendi yer almaktadır. Y3 AKM gözlem istasyonu Değirmendere'nin Karadeniz'e döküldüğü bölgenin hemen öncesinde bulunmakta ve Y2 AKM gözlem istasyonu ile arasında seyrek de olsa yerleşim bölgeleri, beton santralleri, kömür işleme, depolama ve paketleme tesisleri, fındık işleme tesisleri, spor tesisleri gibi faaliyet gösteren birçok tesis bulunmaktadır. Y4 AKM gözlem istasyonu ise havzanın çıkış noktası olarak seçilmiş, Y3 AKM gözlem istasyonu ile aralarında daha yoğun yerleşim bölgesi ve bahsedilen tesisler bulunmaktadır.

2.1.3.1. Y1 AKM Gözlem İstasyonu

Gözlem istasyonu, Yomra Akarsuyu ana kolu üzerinde bulunan ilk gözlem istasyonudur (Şekil 21). Yomra-Oymalıtepe Karayolu'nun 11. km'sinde ve $40^{\circ}52'07.02''$ K- $39^{\circ}51'42.57''$ D koordinatlarında yer almaktadır.



Şekil 21. Y1 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (17.01.2022)

2.1.3.2. Y2 AKM Gözlem İstasyonu

Gözlem istasyonu, Yomra Akarsuyu ana kolu üzerinde bulunup seçilen ikinci gözlem istasyonudur (Şekil 22). Yomra-Oymalıtepe Karayolu'nun 9. km'sinde $40^{\circ}54'22.63''$ K- $39^{\circ}51'54.94''$ D koordinatlarında yer almaktadır. Bu istasyon taş ocağı, bir adet tersip bendi ve HES tesislerinin mansabında konumlandırılmıştır.



Şekil 22. Y2 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (19.09.2021)

2.1.3.3. Y3 AKM Gözlem İstasyonu

Gözlem istasyonu, Yomra Akarsuyu ana kolu üzerinde bulunup seçilen üçüncü gözlem istasyonudur (Şekil 23). Yomra-Oymalıtepe Karayolu'nun 1. km'sinde $40^{\circ}56'46.32''$ K- $39^{\circ}52'04.80''$ D koordinatlarında yer almaktadır. Yomra Akarsuyu'nun Karadeniz'e döküldüğü bölgenin hemen öncesinde konumlanmaktadır.



Şekil 23. Y3 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (19.09.2021)

2.1.3.4. Y4 AKM Gözlem İstasyonu

Gözlem istasyonu, Yomra Akarsuyu ana kolu üzerinde bulunup seçilen dördüncü gözlem istasyonudur (Şekil 24). Trabzon Caddesi Yomra Deresi geçiş köprüsünün hemen altında $40^{\circ}57'15.12''$ K- $39^{\circ}52'03.72''$ D koordinatlarında yer almaktadır. Bu istasyon aynı zamanda havza çıkış noktasıdır. Örneklemeler deniz suyu ile karışım olmayan bölgede gerçekleştirilmiştir.



Şekil 24. Y4 AKM gözlem istasyonu memba ve mansap görünümü (27.05.2020)

Çalışma alanı olarak seçilen havzalar kuzey-güney yönünde uzanmaktadır. Havzaların ortak özelliği dağlık engebeli bir yapıya sahip olmalarıdır. Bu sebeple kısıtlı düzlük alanlar bir hayli önem arz etmektedir. Sahilden havzaların iç kesimlerine doğru dere yatağı kenarında yerleşim yerleri ve kurulmuş tesisler oldukça fazladır.

2.2. Çalışmanın Gerçekleştirildiği Dönem

Galanima, Değirmendere ve Yomra akarsularında ham su örnekleme çalışmalarına 13.12.2019 tarihinde gerçekleştirilen çalışma ile başlatılmış, üç yıl boyunca 15 günlük aralıklarla AKM ve Q takibi düzenli olarak gerçekleştirilmiş, bu akarsularda T ölçümlerine ise 03.12.2021 tarihinde başlanmıştır. 16.11.2022 tarihinde gerçekleştirilen son çalışma ile AKM, Q ve T takibi çalışmaları sonlandırılmıştır. Değirmendere Akarsuyu'nda gerçekleştirilen sabah ve öğle çalışmalarına ise 03.12.2021 tarihinde başlanmış, çalışmalar bir yıl boyunca haftalık periyotlarla düzenli olarak devam ettirilmiş ve 23.11.2022 tarihinde gerçekleştirilen çalışma ile son bulmuştur. Çalışma tarihleri detaylı olarak Ek Tablo 1 ve 2'de sunulmaktadır.

31.12.2019 tarihinde ilk olarak Çin'in Wuhan şehrinde ortaya çıkan ve bütün dünyayı etkisine alan Corona-virüs salgını Türkiye'de resmi olarak ilk vaka 11.03.2020 tarihinde görülmüştür. Bu tarih sonrası itibarı ile ülkemiz genelinde birtakım tedbirler ve kısıtlamalar uygulanmıştır. Çalışmanın Nisan 2020 tarihinde gerçekleştirilmesi planlanan arazi çalışmaları pandeminin ilerleyişinin belirsiz olması ve sokağa çıkma yasaklarının uygulanması sebebiyle gerçekleştirilememiştir. Pandeminin seyri ve sokağa çıkma yasağı kısıtlamaları dikkate alınarak arazi çalışmalarına Mayıs 2020 tarihi itibarı ile yeniden başlanmıştır. İlgili süreçte sokağa çıkma yasağına denk gelen tarihlerde arazi çalışmalarının gerçekleştirilebilmesi için görevlendirmeler ve yerel yönetimlerden gerekli özel izinler alınarak arazi çalışmaları sorunsuz şekilde sürdürülmüştür.

Bu zaman dilimi içerisinde gözlem yapılan havzalarda farklı hava koşulları altında örneklemler gerçekleştirilmiştir. Örneklemler bulutlu, güneşli, karlı ve yağmurlu hava koşullarında yapıldı ve bu sayede AKM değişiminin farklı hava koşullarındaki değişiminin incelenmesi mümkün olmuştur. Farklı arazi çalışmalarından çeşitli hava koşullarında gerçekleştirilen çalışmalara ait arazi fotoğraflarına Şekil 25, 26, 27, 28 ve 29'da yer verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 25. (a) Galanima Akarsuyu G2 AKM gözlem istasyonu (17.01.2022), (b) Yomra Akarsuyu Y1 AKM gözlem istasyonu (20.03.2022)



(a)



(b)

Şekil 26. (a) Galanima Akarsuyu G2 AKM gözlem istasyonu (02.04.2022), (b) Değirmendere Akarsuyu D2 AKM gözlem istasyonu (02.04.2022)



(a)



(b)

Şekil 27. Galanima Akarsuyu G3 AKM gözlem istasyonu (a) 17.01.2022, (b) 02.04.2022



(a)

(b)

Şekil 28. Değirmendere Akarsuyu D2 AKM gözlem istasyonu (a) 29.12.2022, (b) 02.04.2022



(a)

(b)

Şekil 29. Yomra Akarsuyu Y1 AKM gözlem istasyonu (a) 17.04.2022, (b) 05.04.2022

Çalışma dönemi boyunca ayrıca akarsu kesitlerinde gerçekleştirilen yapay müdahalelere ait görsellere de Şekil 30, 31, 32 ve 33'te verilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 30. Yomra Akarsuyu'nda akarsu kesitinde gerçekleştirilen taban düzeltme çalışmaları a) 11.06.2020, b) 26.06.2020



(a)



(b)

Şekil 31. Değirmendere Akarsuyu'nda akarsu kesitinde gerçekleştirilen inşaat çalışmaları (07.01.2021)



(a)



(b)

Şekil 32. a) Galanima Havzası çıkış noktasında çökelen malzemeler (23.01.2021) b) Galanima Akarsuyu'nda gerçekleştirilen taban düzeltme çalışmaları (18.11.2021)



(a)



(b)

Şekil 33. Yomra Akarsuyu'nda gerçekleştirilen taban düzeltme çalışmaları (22.05.2021)

2.3. Akarsularda Gerçekleştirilen Ölçümler ve Örneklemeler

2.3.1. Akarsulardan Ham Su Örneklerinin Alınması ve Muhafazası

2020 ve 2021 gözlem yılları boyunca Galanima, Değirmendere akarsularında AKM (mg/L) ile Q (m^3/s) ve Yomra Akarsuyunda ise yalnızca AKM (mg/L) takibi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. 2022 yılında ise bu parametrelere ek olarak T (NTU) ölçümleri de bütün akarsularda konumlandırılan AKM gözlem istasyonlarında sürdürülmüştür. Ham su örneklemeleri akarsu kesitinin tamamını temsil edecek şekilde su sütunundan alınarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 34).



Şekil 34. Akarsu kesiti boyunca gerçekleştirilen örneklemeler

Örneklemeye kapları 1,000 ml hacminde olup su örneklerinde muhtemel kirliliği önlemek için, numune kapları laboratuvarında önce sıcak su ve fırça yardımıyla sonra da 1 M HNO_3 ile temizlenerek, en son olarak da saf su ile durulanarak ve bir sonraki örneklemeye hazır hale getirilmiştir. Ayrıca istasyonlarda ham su örneklemelerinin gerçekleştirildiği sırada örneklemeye kapları içerisinde bir kalıntı olması ihtimaline karşılık akarsu suyu ile iki kez çalkalanmıştır. Akarsu kesiti boyunca su kolonundan alınan örneklemelerin ardından üzerinde hava kabarcığı kalmayacak şekilde oldurularak sıkıca kapatılmıştır. Alınan numuneler standart yöntemlere uygun olarak dört bir yanı buz kasetleri ile donatılmış termos taşıyıcı ile laboratuvara ulaştırılmıştır (APHA, 1992).

TS EN ISO 5667-3 ve TS EN 872’de AKM tayini gerçekleştirilirken su örnekleri numune alınma işleminden sonra mümkün olduğunca çabuk (dört saat içerisinde) filtre edilmesi gerektiği ifade edilmektedir. Çünkü su örnekleri, kaynaktan alındıktan sonra analiz edilene kadar geçen süre içinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik reaksiyonlar sonucu değişebildiği ve bu değişimlerin örnek alma, taşıma ve muhafaza sürecinde uygun koşullar sağlanmadığı takdirde, kaynaktaki gerçek derişim ile elde edilen derişim arasında fark oluşturabildiği bilinmektedir. Bu farklar sıcaklık, ışık, kabın yapısı, örnekleme ve analiz

arasındaki zaman ve taşınma şartlarına bağlıdır. Örneğin, kalsiyum karbonat, metal bileşikleri ve alüminyum hidroksit gibi bazı maddelerin çökmesi veya metallerin numune içinde veya kabın yüzeyinde adsorplanması, bu değişimlerin bazı örnekleridir. Bu reaksiyonlar genellikle hızlıdır ve numuneyi önemli ölçüde değiştirebilir. Bu nedenle, bu reaksiyonları en aza indirmek ve numunelerin en kısa sürede analiz edilmesi için gerekli tedbirler alınmalıdır. Eğer bu süre içerisinde filtre edilme imkanı mümkün değilse örneklerin +1 ila +5 °C sıcaklıkta ve karanlık bir ortamda muhafaza edilmesi gerektiği belirtilmektedir (Resmi Gazete, 2015). İstasyonlardan alınan su örneklerinin +4°C’de muhafazası için buz kasetleri ile donatılmış termos taşıyıcılar kullanılmıştır (Şekil 35). Buz kasetleri arazi çalışması öncesinde -24°C’de muhafaza edilmiştir. Daha önceki çalışmalarda laboratuvara getirilen su örneklerinin sıcaklıkları kontrol edilmiş, numune sıcaklıklarının +4°C sıcaklığını geçemedikleri ve 48 saat boyunca bu durumunu muhafaza ettiği gözlemlenmiştir.



Şekil 35. Su örneklerinin muhafazası ve naklinde kullanılan numune kapları

2.3.2. Ham Su Örneklerinin Filtre Edilmesi

Galanima, Değirmendere ve Yomra havzalarında belirlenen AKM gözlem istasyonlarında standartlara uygun olarak toplanan ham su örnekleri Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik Laboratuvarı’nda filtrasyon işlemine tabi tutulmuştur. Filtrasyon işlemi, vakum pompası (Rocker 801), vakumlu filtrasyon seti (Sartorius 16307) ve gözenek açıklığı 1.2 µm cam elyaf filtreler (Sartorius FT-3-1103-055) aracılığıyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 36). Öncelikle, cam elyaf filtre kağıtları saf su ile ön yıkama işleminden geçirildikten sonra 105 °C’de etüvde kurutulmuş ve desikatörde muhafaza edilmiştir. Daha sonra, cam elyaf filtre kağıtları 0.0001 mg hassasiyetle tartım yapabilen analitik hassas terazi (Sartorius ED224S)

ile tartılmış ve filtre olacak numune ile aynı isimde adlandırılmıştır. Filtrasyon düzeneğinin hunisi içerisine yerleştirilen filtre kağıtları düzgün yüzeyi altta kalacak şekilde yerleştirilmiş, vakum hattına bağlandıktan sonra numune şişesi şiddetli şekilde çalkalanarak numune ölçme silindirine aktarılmıştır. Numunenin tamamı süzöldükten sonra ölçme silindirinin saf suyla durulanmasının ardından cam elyaf filtre kağıdı vakum hattından alınmıştır.



Şekil 36. Vakum pompası ve filtrasyon seti

2.3.3. Askıda Katı Madde Tayini

Cam elyaf filtre kağıtları filtrasyon işlemi sonrasında en az bir saat etüvde 105 °C'de kurutulmuş, soğutulmuş ve sonrasında tekrar tartılmıştır (Şekil 37). Tartım işlemi sonucunda, son ağırlıktan ilk ağırlık çıkarılarak elde edilen fark örnek hacmine bölünerek, AKM konsantrasyonu mg/L cinsinden belirlenmiştir.



Şekil 37. Analitik hassas terazi

2.3.4. Debi Tayini

Çalışmanın gerçekleştirildiği havzalarda ölçüm günlerinde debi tayini havzalarda bulunan AGİ'ler aracılığıyla belirlenmiştir. Su seviyeleri AGİ'lere tesis edilmiş eşel yardımıyla ölçülmüş ve gözlem anına ait değerler kayıt altına alınmıştır. Daha sonra gözlenen su seviyeleri DSİ tarafından havzalara özel belirlenmiş debi anahtar eğrisi denklemleri aracılığıyla anlık Q değerleri hesap edilmiştir. Yomra Havzası'nda bulunan AGİ'nin kesit dışında kalması sebebiyle Q değerleri yalnızca Galanima ve Değirmendere havzalarında takip edilmiştir.

Galanima Havzası D22A154 no'lu Şinik AGİ, Trabzon ili sınırları içerisinde Akçaabat-Düzköy yolu üzerinde, Şinik Mahallesi'nde 175 m kotunda ve $40^{\circ} 57' 04''$ K- $39^{\circ} 30' 09''$ D koordinatlarında yer almaktadır (Şekil 38). 193.0 km^2 drenaj alanına sahip olan AGİ yaklaşık % 70'ini kapsamaktadır (Mete, 2020).



Şekil 38. D22A154 Şinik AGİ

Değirmendere Havzası D22A086 no'lu Öğütlü AGİ, Trabzon ili sınırları içerisinde Trabzon-Gümüşhane yolu üzerinde, Öğütlü köyü mevkiinde 179 m kotunda ve $40^{\circ} 51' 50''$ K- $39^{\circ} 40' 44''$ D koordinatlarında yer almaktadır (Şekil 39). 728.40 km^2 drenaj alanına sahip olan AGİ yaklaşık % 70'ini kapsamaktadır (Mete, 2020).



Şekil 39. D22A086 Öğütlü AGİ

Yomra Havzası D22A133 no'lu Taşdelen AGİ, Trabzon ili sınırları içerisinde Trabzon-Özdil karayolu üzerinde, Taşdelen mevkiinde 410 m kotunda ve 40°51'14.40" K-39°51'23.00" D koordinatlarında yer almaktadır (Şekil 40). 20 Haziran 2019 tarihinde Yomra Deresi Havzası'nda meydana gelen aşırı yağışlar sonucu taşkın ve heyelan oluşmuştur. Bu olay sonrasında, havzada bulunan yerleşim yerleri ve köy yollarında yapısal hasarlar meydana gelmiştir. Ayrıca, D22A133 no'lu Taşdelen AGİ de taşkın ve heyelanın taşıdığı malzemenin birikmesi sebebiyle kesit dışında kalarak kullanılamaz hale gelmiştir.



Şekil 40. D22A133 Taşdelen AGİ

Şubat 2022 tarihi itibarıyla Kömürcü Mahallesi'ne akım gözlemlerinin devamlılığı ve taşkınların erken tespit edilmesi amacıyla DSİ tarafından radar sensörlü seviye gözlem istasyonu kurulmuştur (Şekil 41).



Şekil 41. Kömürcü Mahallesi radar sensörlü seviye gözlem istasyonu

Bu istasyon sayesinde hem su seviyesi tespiti yapılabilmekte hem de olası bir risk durumunda kısa mesaj aracılığıyla tehlike durumu haber verilebilmektedir. İstasyona ait debi anahtar eğrisi henüz bulunmadığı için Yomra Deresi Havzası için debi tayini gerçekleştirilememiş dolayısıyla AKM yükü de hesaplanamamıştır

2.3.5. Bulanıklık Ölçümü

Bulanıklık ölçümleri OTT marka Hydrolab DS5 isimli sonda ile yerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 42). Ölçümler 03.12.2021-16.11.2022 tarihleri arasında bütün istasyonlarda 5'er dakikalık ölçümler alınarak gerçekleştirilmiştir. Her çalışma öncesinde sondaya ait sensörler standart çözeltilerle kalibre edilmiş ve çalışma bitiminde saf su ile temizlenerek uygun çözelti içerisinde muhafaza edilmiştir.

Hydrolab DS5 bulanıklık ölçümlerini 0-3,000 NTU aralığında gerçekleştirebilmektedir. Ölçüm hassasiyeti 0-400 NTU aralığında 0.1 NTU iken, 400-3,000 NTU aralığında ise 1 NTU'dur. 0-100 NTU aralığında $\pm\%1$, 100-3,000 NTU aralığında ise $\pm\%3$ hata oranı ile bulanıklık ölçümü yapabilmektedir. Suyun içerisinde bulunan parçacıklardan saçılan ışık 90° konumlu bir kızılötesi algaç tarafından ölçülür. Sensörün uç kısmında ölçüm sırasında meydana gelebilecek kirlenmelere karşı kendi kendini temizleyebilen bir fırça bulunmaktadır.



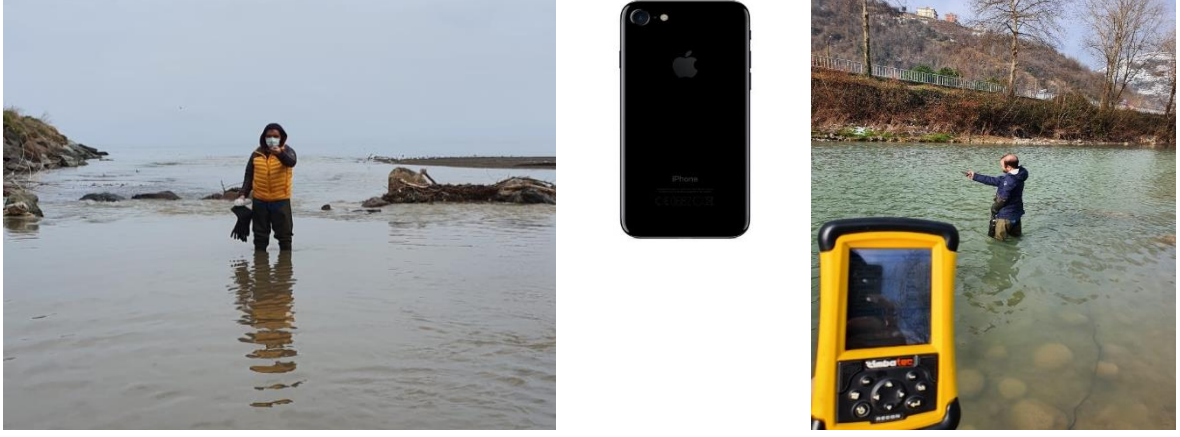
Şekil 42. Hydrolab DS5 ve bulanıklık ölçümlerinin kayıt edildiği el terminali

2.3.6. Akarsu Yüzeyinden Görüntü Alınması

Akarsu örneklemeleri sırasında, akarsu yüzeyinin görüntüsü cep telefonuyla kaydedilmiştir. Görüntüler, kesitin orta noktasından yaklaşık 50 cm yükseklikten alınmıştır. 12 megapiksel ($4,247 \times 2,826$) çözünürlüğe sahip bir kamera (Apple iPhone 7) kullanılarak kaydedilmiştir (Şekil 43). Haziran 2020 ve Mayıs 2021 tarihleri arasında kapsayan zaman diliminde Değirmendere Havzası'nda konumlandırılan AKM gözlem istasyonlarında akarsu yüzey görüntüleri kayıt edilmiştir. Modellemenin daha güvenilir olması bakımından eğitim setinin hem sayıca hem de nitelikçe oldukça geniş aralığa sahip olmasına ayrıca önem gösterilmiştir.

AKM (mg/L) sınıflandırması için kesin bir aralık standartlarda belirtilmemektedir. Bazı araştırmacılar suyun optik özelliklerinden faydalanarak sınıflandırma örnekleri gerçekleştirmişlerdir (Balasubramanian vd. 2020; Jiang vd. 2021; Moore vd. 2014a,b; Neil vd. 2019; Novoa vd. 2017; Vantrepotte vd. 2012).

Bu çalışmada da AKM (mg/L) dikkate alınarak belirlenen aralıklarda sınıflandırma yapılmıştır. Sınıflandırma aralıkları sırasıyla berrak (S1), bulanık (S2), çok bulanık (S3) ve aşırı bulanık (S4) olacak şekilde adlandırılmıştır. Sınıflandırmada baz alınan AKM (mg/L) değer aralıkları Tablo 3'te sunulmuştur.



Şekil 43. Akarsu yüzey görüntülerinin kayıt edilmesi ve kayıt cihazı

Tablo 3. Belirlenen AKM sınıflandırma aralıkları (mg/L)

	Sınıf	AKM (mg/L) aralığı
S1	Berrak	$0 < AKM \leq 10$
S2	Bulanık	$10 < AKM \leq 100$
S3	Çok bulanık	$100 < AKM \leq 1,000$
S4	Aşırı bulanık	$1,000 < AKM \leq 10,000$

2.4. Askıda Katı Madde Konsantrasyonunun Sınıflandırılması ve Tahminine Yönelik Gerçekleştirilen Çalışmalar

Bu kısımda su yüzey görüntüleri kullanılarak DÖ yöntemi aracılığıyla AKM konsantrasyonuna dayalı sınıflandırma yapılmasında ve AKM konsantrasyonu tahmin çalışmalarında kullanılan yöntemler detaylı olarak açıklanacaktır. Ayrıca kurulan tahmin modellerinin tahmin performansını belirlemede kullanılan değerlendirme kriterlerine de yer verilecektir.

2.4.1. Derin Öğrenme

Derin öğrenme (DÖ) yöntemi, makine öğrenmesinin bir alt kümesi olarak bilinmektedir ve insan beyninin bilgi işleme sürecinden esinlenilerek geliştirilmiştir. DÖ, önceden belirlenmiş bir kurala ihtiyaç duymadan veriler arasındaki ilişkiyi belirleyebilir. DÖ ifadesinde yer alan derin kelimesi derinlik anlayışını açıklamaz, ardışık katmanları ifade etmektedir. Bir modelde kaç katman varsa o modelin derinliği o kadar adlandırılmaktadır.

Bunun için çok sayıda YSA katmanları kullanılmaktadır ve bu katmanlar ile veriyi hiyerarşik bir düzende işler (Alzubaidi vd. 2021). DÖ yönteminin geleneksel tekniklere göre en önemli avantajı, açık bir özellik çıkarımına ihtiyaç duymamasıdır. Ağ, ham girdiyi alır ve istenen çıktıyla eşler. Özellikler, ağ tarafından manuel müdahale olmadan otomatik olarak öğrenilir. Gizli katman sayısının artışı ağ performansının daha da gelişmesini sağlamaktadır. DÖ, son zamanlarda görüntü sınıflandırma, konuşma tanıma, otonom sürüş, el yazısı tanıma, metni konuşmaya dönüştürme ve çeviri yapabilme gibi birçok kullanım alanında kendine yer edinmiştir (Chollet, 2021; Singh vd. 2021).

DÖ’de iki çeşit öğrenme söz konusudur. Bunlar denetimli ve denetimsiz öğrenme olarak adlandırılabilir. Denetimli öğrenme, genellikle sınıflandırma ve regresyon problemleri ile kullanılmaktadır. Hesaplama karmaşıklığı oldukça yüksektir. Etiketli veriler kullanılarak eğitim gerçekleştirilir. Yüksek doğrulukta sonuçlar üretmektedir. Denetimsiz öğrenmede ise eğitimde etiketsiz veriler kullanılmaktadır. Hesaplama karmaşıklığı daha düşüktür, orta düzeyde doğrulukta sonuçlar elde etmektedir (Deng ve Yu, 2014).

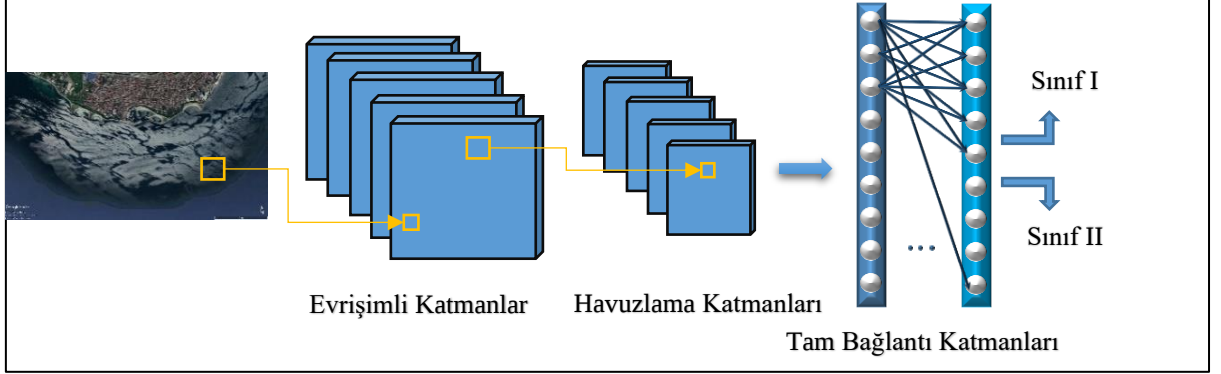
2.4.2. Evrişimli Sinir Ağları

Evrişimli sinir ağları (ESA), derin öğrenmenin alt alanlarından biridir. Görsel verileri işlemek için kullanılan bir DÖ modelidir. Bu model insan beyninin görsel korteksinin organizasyonunu ilham alarak oluşturulmuştur. ESA, sınıflandırma, nesne tanıma ve diğer görsel görevleri gerçekleştirmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Öğrenilebilir özellikler sayesinde benzer veri setleri üzerine uygulanabilir ve bu özelliği ile geniş kullanım alanına sahiptir.

ESA modeli girdi adı verilen ve görüntüleri işlemek amacıyla oluşturulmuş evrişim katmanlarından meydana gelir. Bu katmanlarda filtreler aracılığıyla görüntülerdeki özellikler algılanır ve algılanan özelliğin görüntülerdeki varlığının belirlenmesi için girdi görüntüleri incelenir. Öğrenilebilir ağırlıklar ile bu özellikler belirlenir ve ardından bir sonraki katmana iletilir (LeCun vd. 2015).

ESA, Şekil 44’te görülen mimariden meydana gelmektedir. Bu mimari giriş katmanı, evrişimli katman, aktivasyon katmanı, havuzlama katmanı, tam bağlı katman, sınıflandırma katmanı, yumuşatma katmanı ve normalizasyon katmanı olarak adlandırılan kısımlardan oluşmaktadır. Bu katmanların her bir nöronu kendinden önceki katmanın alıcı alanına

bağlıdır. Öznitelik haritası ise iki boyutlu bir nöron dizisinden veya bir matristen oluşmaktadır.



Şekil 44. ESA mimarisi (Hacıfendioğlu vd. 2022)

Derin ESA (D-ESA), ilk başta kaybolan gradyanlar, yüksek hesaplama maliyeti oluşturan aktivasyon fonksiyonları ve karmaşık donanım platformları gerektirmesi sebebiyle kullanım açısından pek uygun bulunmamaktaydı. 2012 yılında AlexNET'in gelişimiyle daha güçlü hesaplama yeteneği, rastgele kırpmaya, stokastik gradyan inişi ve veri artırma yöntemleri D-ESA'nın performansını artırıcı yönde etkiler yaratmıştır. İlerleyen zamanlarda daha küçük filtreli (LeNet, AlexNet, InceptionNet, ResNet, VGG-16 gibi) derin ağ mimarilerine geçiş yapılmıştır. Bu ağlar ile DÖ teknolojisinin hızlı bir şekilde gelişmiştir, özellikle görüntü tanıma ve sınıflandırma gibi alanlarda büyük başarılar elde edilmiştir (Acar, 2022).

Akarsu yüzey görüntülerinin sınıflandırılmasında ESA, transfer öğrenme, kabadan inceye öğrenme, topluluk öğrenme metotları ile ağın eğitimi gerçekleştirilmiştir. Transfer öğrenme, ön eğitim ve ince ayar olmak üzere iki kısımdan oluşur. Ön eğitim sırasında ESA, ImageNet'te eğitilir. İnce ayar sırasında ESA'nın ağırlıkları ile veri setinde geri yayılım yoluyla ince ayar yapılır. Eğitim verilerinin sınırlı olması durumunda DÖ yönteminin eğitimi için oldukça faydalı bir tekniktir.

Kabadan inceye öğrenme, makine öğrenmesi ve yapay zeka alanlarında kullanılan bir öğrenme tekniğidir. Başlıca modelin kaba özellikler ile eğitilmesi ile verilerin geniş bir özeti çıkarılır ikinci aşamada ise spesifik özellikler dikkate alınarak model daha detaylı öğrenme gerçekleştirir. Detaylı öğrenme sırasında modellerde oluşan önyargıyı önlemek amacıyla farklı ağırlıklar kullanılarak model yeniden eğitilir. Modeller Adam optimizasyon algoritması kullanılarak eğitilir. Topluluk öğrenme yöntemi, ağın performansını arttırmak

için birden fazla modelin tahminlerini birleştiren bir tekniktir. Farklı algoritmalar ve mimariler kullanarak modeli eğiterek tahminlerin birleştirilmesini gerçekleştirmektedir.

Tablo 4’te sınıflandırma özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan modeller ve katman özellikleri sıralanmıştır. Bu modeller ve katman özellikleri genellikle Keras ve benzeri kütüphanelerde bulunmaktadır.

Tablo 4. Modeller ve katman özellikleri

Model Adı	Özellik Belirleme Katmanı
Geleneksel ESA	Conv3
VGG-16	Block5-conv3
VGG-19	Block4-pool
Inception-V3	Mixed3
Xception	Add-7
DenseNet-121	Pool3-conv
MobileNet	Conv-pw-6-relu
NASNet-mobile	Activation-129

2.4.3. Çoklu Regresyon Analizi

Mühendislik problemlerinde tek bir bağımsız değişken ile bir bağımlı değişkeni açıklamak mümkün değildir. Çok sayıda değişken birbirine ve diğer değişkenler üzerinde etki edebilir. Bu nedenle birden fazla değişkenin etkisi altında bulunan durumlarda, regresyon analizinden faydalanılabilir. Regresyon analizi, bir veya birden fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi açıklamayı amaçlayan bir istatistiksel yöntemdir. Veriler arasındaki doğrusal veya doğrusal olmayan ilişkileri anlaşılmasına yardımcı olur. Bağımlı değişken, kurulan model ile açıklanmaya çalışan değişkeni; bağımsız değişken ise modeli açıklamaya çalışan değişkeni ifade etmektedir. Regresyon analizi, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi bir fonksiyon aracılığı ile açıklayan bir denklem oluşturulmasına imkan sağlayan analiz metodudur. Böylece değişkenler arasındaki ilişki denklemler aracılığıyla açığa çıkarılmış olur. Birçok farklı disiplinde yaygın olarak kullanılan bu yöntem su mühendisliğinde de sıkça faydalanılmaktadır (Baki, 2016).

Bu çalışmada AKM konsantrasyonunu tahmin etmek amacıyla dört tip regresyon fonksiyonu kullanılmıştır. Bunlar; doğrusal (DF), üs (kuvvet, ÜF), üstel (EF) ve kuadratik (KF) fonksiyonlardır. Kurulan tahmin modelleri arasından, eğitim verilerinde en iyi sonucu veren tahmin modeli seçilerek regresyon katsayıları hesaplanmıştır. Bu katsayılar doğrulama ve test verilerine de aynı şekilde uygulanmıştır. Regresyon analizi gerçekleştirilirken faydalanılan fonksiyonlar aşağıdaki gibidir.

$$y_{DF} = w_0 + w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_nx_n \quad (1)$$

$$y_{ÜF} = w_0(x_1)^{w_1}(x_2)^{w_2} \dots (x_n)^{w_n} \quad (2)$$

$$y_{EF} = w_0 + \exp(w_1 + w_2x_1 + w_3x_2 + \dots + w_{n+1}x_n) \quad (3)$$

$$y_{KF} = w_0 + w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_5x_1x_2 + w_6x_1x_3 + \dots + w_{11}x_1^2 + w_{12}x_2^2 + \dots + w_{14}x_4^2 \quad (4)$$

Bu eşitliklerde; doğrusal, üs, üstel ve kuadratik fonksiyonları sırasıyla DF, ÜF, EF ve KF; AKM konsantrasyonlarını y , ağırlıkları $w_0, w_1, \dots, w_n$ ve bağımsız değişkenleri ise $x_0, x_1, \dots, x_n$ temsil etmektedir.

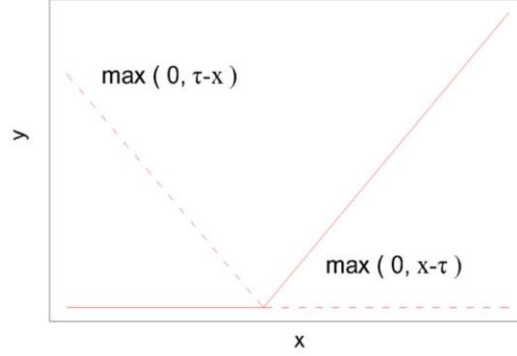
2.4.4. Çok Değişkenli Uyarlanabilir Regresyon Eğrileri Yöntemi

Friedman (1991) tarafından geliştirilen ÇDURE yöntemi regresyon analizinin parametrik olmayan bir formu olarak açığa çıkmaktadır. Çoğu uygulamalı alanda değişkenler arasında doğrusallık bulunmayan olayların anlaşılmasında parametrik olmayan regresyon yöntemlerinden faydalanılmaktadır. ÇDURE yönteminin en büyük artısı bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkiyi açıklayabilmesi olarak öne çıkmaktadır (Kisi ve Parmar, 2016).

Öncelikle bu yöntemde değişkenler arasında bir varsayım yapılmaktadır. Yöntemde gözlem verileri üzerinden taban fonksiyonları üretilmektedir. Bağımsız değişkenler bölgelere ayrılarak her bölge bir regresyon eşitliği kullanılarak açıklanmaktadır. ÇDURE, hem ileriye hem de geriye yayılma algoritmalarından faydalanılır. Modelin oluşturulmasında Eşitlik 5'te verilen doğrusal temel fonksiyonlarından yararlanılır.

$$c^-(x, \tau) = [- (x - \tau)]_+, \quad c^+(x, \tau) = [+ (x - \tau)]_+, \quad [q]_+ = \max\{0, q\} \quad (5)$$

Bu fonksiyonlarda X_j açıklayıcı değişkenin gözlenen değerini en uygun τ düğüm noktalarıyla aralıklı olarak bölen doğrusal regresyon eğrileridir. Bunlar birbirinin yansıması olan çiftler olarak adlandırılmaktadır. Eşitlikte verilen $[q]_+$ ile yalnızca pozitif değerlerin göz önünde bulundurulduğu vurgulanmaktadır. Şekil 45'te bir ÇDURE modelinin sahip olduğu temel fonksiyonlar gösterilmektedir. Bu fonksiyonların kümesi Eşitlik 6'te açıklanmaktadır.



Şekil 45. ÇDURE modelindeki temel fonksiyonlar (Toprak, 2011)

$$\wp = \left\{ (X_j - \tau)_+, (\tau - X_j)_+ \mid \tau \in \{\bar{x}_{1,j}, \bar{x}_{2,j}, \dots, \bar{x}_{n,j}\} \right\} \quad j \in \{1, 2, \dots, p\} \quad (6)$$

Burada N gözlem sayısını, $\bar{x}_{i,j}$ düğüm noktalarındaki açıklayıcı değişkeni, p ise temel fonksiyonların sayısını ifade etmektedir. İleriye yönelik adım algoritmasında ÇDURE modeli;

$$Y = \theta_0 + \sum_{m=1}^M \theta_m \psi_m(X) + \varepsilon \quad (7)$$

Şeklinde ifade edilmektedir. Burada M maksimum temel fonksiyonların sayısını göstermektedir. Veri kümesi uyarınca m. temel fonksiyona ait ÇDURE modeli ise;

$$\psi_m(X) = \prod_{j=1}^{K_m} \left[S_{K_j^m} \left(X_{K_j^m} - \tau_{K_j^m} \right) \right]_+ \quad (8)$$

Şeklinde dir. Burada K_m m. temel fonksiyonda çarpılan doğrusal fonksiyonu; s+1 veya -1'i; $X_{K_j^m}$ m. temel fonksiyondaki j. değişkeni göstermektedir. Temel fonksiyonlar tek veya çift değişkenli etkileşim terimlerinden meydana gelmektedir. İleri doğru adım algoritmasının

her aşamasında en uygun düğüm noktası ve temel fonksiyonları belirlemek amacıyla geliştirilmiş çapraz doğrulama (GCV) ölçüsünden faydalanılmaktadır.

$$GCV = \frac{1}{N} \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - f_a(x_i))^2}{(1 - M(\alpha)/N)^2} \quad (9)$$

$$M(\alpha) = u + dk \quad (10)$$

Denklemlerde; N, örneklem genişliğini; u, bağımsız temel fonksiyonların sayısını; K, Seçilen düğüm sayısını; d, temel fonksiyonların maliyetini ifade etmektedir. Eşitlik 9'un payında kareler toplamı, paydasında ise modelin karmaşıklığı hesaplanmaktadır. ÇDURE algoritmasının ilk aşamasında oluşturulan büyük modellerin yorumlanması ve kullanımı pratik olmadığı için ikinci adımsa büyük model budanmaktadır. Yani önemli bağımsız değişkenler ile bu değişkenlerin etkileşimleri belirlenmekte ve GCV döngüsü en küçük modelde elde edilmektedir (Yerlikaya vd. 2008; Toprak, 2011)

2.4.5. Yapay Sinir Ağları

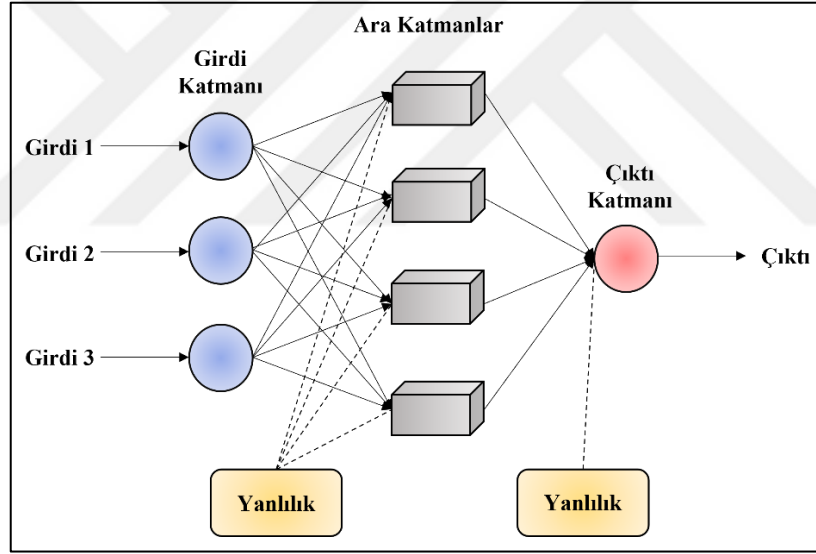
YSA, bir insan beyninde bulunan sinir hücrelerinden esinlenerek geliştirilen yapay sinir hücrelerinin değişik geometriler ile birbirlerine bağlanması sonucunda meydana gelen karmaşık sistemler olarak tanımlanabilir. Kara kutu modeline de benzetilen YSA, verilen girdilere karşı uygun çıktılar üretebilen bilgi işlem süreçleri olarak nitelendirilmektedir (Kohonen, 1988).

YSA, insan beyninin karmaşık yapısı ve işleyişine dayalı olarak tasarlanan makine öğrenme algoritmaları olarak bilinmektedir. Beynin sahip olduğu üstün özelliklerden esinlenen bilim insanları beynin nörofiziksel yapısını baz alarak matematiksel model oluşturmaya çalışmışlardır. Beynin yönetmiş olduğu davranışları modelleyebilmek için çeşitli yapay hücre ve ağ modelleri geliştirmişlerdir. Bu çalışmalar doğrultusunda YSA adı verilen günümüz bilgisayarlarının da algoritma hesabında sıkça kullandığı bir yöntemden farklı bir bilim alanı ortaya çıkmıştır.

YSA, sinir hücrelerinin birbirleri ile çeşitli geometriler ile bağlanmasından meydana gelir ve genellikle katmanlar halinde karşımıza çıkmaktadır. Nöron adı verilen birçok alt işlem biriminden oluşmaktadır. Nöronlarda gelen bilgi işlenip çıktı üretilmektedir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkileri kolayca

tanımlayabilen esnek matematiksel yapılardır (Tachi vd. 2016). YSA mimarisi kabaca girdi katmanı, ara katmanlar ve çıktı katmanlarından oluşmaktadır ve hiyerarşik bir yapı içermektedir. Farklı ara katman sayısına sahip olan ağlar ise çok katmanlı ağ olarak tanımlanmaktadır.

Şekil 46’da ağ mimarisi sunulan bir YSA modelinde girdi katmanında dış dünyadan iletilen girdiler bu katman aracılığıyla işleme alınmaktadır. Herhangi bir bilgi işleme yapılmadığı bu süreçte gelen bilgi doğrudan bir sonraki katmana iletilir. Ara katmanda girdi katmanından iletilen veriler işlenerek çıktı katmanına gönderilir. YSA hücreleri birden fazla ara katmana sahip olabilir. Çıkış katmanında ise ara katmanından iletilen işlenmiş veriler girdi katmanında iletilen verilere karşılık gelecek şekilde düzenlenip dış dünyaya gönderilir. Ağ, hem örnekler hem de örneklerden elde edilmesi gereken sonuç bilgilerine sahip olduğu için problem uzayını kendisi oluşturarak çözüm üretmektedir.



Şekil 46. Yapay sinir ağı modeli (Mete vd. 2023)

YSA’nın temel görevi, veri takımına karşılık çıktı üretmektedir. Bu amaçla YSA öncelikle eğitilir. Eğitim süreci sonunda ağ genelleme yeteneği kazanır ve benzer olaylar için çıktı takımları üretebilme yeteneğine sahip olur. YSA veriler arasında doğrusal bir ilişki bulunmaması halinde bile veriler arasındaki benzerlikleri tespit edip enterpolasyon yöntemi ile çıktının belirlenmesine yardımcı olur (Öztemel, 2006; Singh vd. 2009; Baki vd. 2019).

AKM konsantrasyonunu tahmin etmek amacıyla YSA ile oluşturulan tahmin modellerinde ara katman sayıları, öğrenme ve momentum katsayıları değiştirilerek en iyi

tahmin sonuçlarını elde eden model elde edilmeye çalışılmıştır. Değişkenler detaylı olarak Tablo 5’te sunulmuştur.

Tablo 5. YSA modeli için kullanılan değişkenler

Ara Katmandaki Eleman Sayıları	Öğrenme Katsayısı	Momentum Katsayısı
3, 5, 8, 10, 15 ve 20	0.1	0.1
		0.5
		1.0
	0.5	0.1
		0.5
		1.0
	1.0	0.1
		0.5
		1.0

Çalışmada farklı öğrenme katsayıları ile momentum katsayıları kullanılarak tahmin modelleri oluşturulmuştur. Altı farklı ara katman sayısı, üç farklı öğrenme ve momentum katsayısı kullanılarak farklı kombinasyonlarla analizler gerçekleştirilmiştir. En iyi sonucu elde eden kombinasyona ait eğitim, doğrulama ve test setleri dikkate alınarak sonuçlar tablolaştırılmıştır. Ağ eğitiminde maksimumu iterasyon sayısı 10,000 olarak sınırlandırılmıştır.

2.5. Askıda Katı Madde Konsantrasyonunun Sınıflandırmasında Kullanılan Veri Gruplarının Analizi ve Performans Değerlendirme Kriterleri

Değirmendere Havzası’nda Haziran 2020 ve Mayıs 2021 tarihleri kayıt edilen akarsu yüzey görüntüleri Bölüm 2.3.6.’da belirtilen AKM konsantrasyonları uyarında sınıflandırmalar yapılmıştır. Tablo 6’da her bir sınıflandırma grubunda kullanılan akarsu yüzey görüntülerinin sayısı verilmiştir. Toplamda 5,600’ü aşkın akarsu yüzey görüntüsü sınıflandırma çalışmasında modelin eğitimi ve test aşamasında kullanılmıştır. Akarsu yüzey görüntülerinin %70’i sınıflandırma modelinin eğitiminde, geriye kalan %30’u ise sınıflandırma modelinin doğruluğunun test edilmesinde kullanılmıştır.

Tablo 6. AKM (mg/L) sınıfları ve veri sayıları

	Sınıf	Görüntü Sayısı
S1	Berrak	1,366
S2	Bulanık	1,510
S3	Çok bulanık	1,610
S4	Aşırı bulanık	1,135

DÖ tabanlı sınıflandırmalarda sınıflandırma başarısının test edilmesinde $n \times n$ boyutunda bir karışıklık matrisinden yararlanılmaktadır. Bu matris tahmin edilen ile gerçek sınıflandırmayı karşılaştırır. Sınıflandırma başarısının test edilmesinde kullanılan matris Tablo 7’de sunulmaktadır. Bu tabloda ve aşağıdaki eşitliklerde; DP, pozitif olarak doğru tahmin edilen pozitif sınıfları; DN, pozitif olarak doğru tahmin edilen negatif sınıfları; YP, negatif olarak yanlış tahmin edilen pozitif sınıfları; YN ise negatif olarak yanlış tahmin edilen negatif sınıfları temsil etmektedir.

Tablo 7. Karışıklık Matrisi

		Var olan durum	
		Pozitif durumlar	Negatif durumlar
Tahmin	Pozitif	DP	YP
	Negatif	YN	DN

Sınıflandırma analizlerinin başarısı doğruluk, duyarlılık, kesinlik, F_1 puanı, işlem karakteristiği eğrisinin (ROC) altında kalan alan (AUC), Matthews korelasyon katsayısı (MCC) hesap edilerek belirlenmiştir. İlgili değişkenlerin hesabında kullanılan eşitlikler sırasıyla Eşitlik 11, 12, 13, 14 ve 15’te sıralanmıştır. AUC, makine öğrenmesi performans ölçümlerinde kullanılan ROC eğrisinin altında kalan alanın hesap edilmesiyle elde edilir. 0 ile 1 arasında değişen bir aralığa sahiptir. MCC, hata matrisinde sınıflandırmalar ile hesaplanan, -1 ile +1 arasında değişiklik gösteren bir katsayıdır. Katsayının -1 ve +1’e yakınlığı ilişkinin kuvvetini, 0’a yakınlığı ise herhangi bir ilişkinin bulunmadığını göstermektedir.

$$Doğruluk = \frac{DP + DN}{(DP + YP + DN + YN)} \quad (11)$$

$$Duyarlılık = \frac{DP}{(DP + YN)} \quad (12)$$

$$Kesinlik = \frac{DP}{(DP + YP)} \quad (13)$$

$$F_1 = 2 \times \frac{Duyarlılık \times Kesinlik}{Duyarlılık + Kesinlik} \quad (14)$$

$$MCC = \frac{(DN \times DP) - (YN \times YP)}{\sqrt{(DP + YP)(DP + YN)(DN + YP)(DN + YN)}} \quad (15)$$

2.6. Askıda Katı Madde Konsantrasyonunun Tahmini için Kurulan Modeller ve Performans Değerlendirme Kriterleri

AKM tahmininde farklı girdi kombinasyonları ile modellerin eğitimi gerçekleştirilmiştir. Kurulan ilk tahmin modelinde her bir havzanın membainde bulunan ilk istasyona ait AKM konsantrasyonları sırasıyla havzanın çıkış noktasında bulunan istasyon ve çıkış noktası öncesinde bulunan istasyonlara ait AKM konsantrasyonları ile tahmin edilmeye çalışılmıştır.

İkinci tahmin modelinde D4 AKM gözlem istasyonuna ait AKM konsantrasyonlarından faydalanılarak bu istasyonun batı ve doğusunda konumlandırılmış olan havza çıkış noktalarında bulunan G4 ve Y4 AKM gözlem istasyonlarına ait AKM konsantrasyonlarının tahmin edilebilirliği araştırılmıştır.

Oluşturulan üçüncü tahmin modelinde Galanima ve Değirmendere havzalarında belirlenen Q değerleri ile AGİ'deki AKM konsantrasyonu tahmin edilebilirliği araştırılmıştır.

Kurulan dördüncü tahmin modelinde gün doğumu ve gün ortası zaman dilimlerinde AKM takibi yapılan Değirmendere Havzası'nda D3 ve D4 AKM gözlem istasyonlarında gün ortası AKM verilerinden gün doğumu AKM verilerinin elde edilmesine yönelik tahmin modeli kurulmuştur.

Son olarak da bütün havzalardan elde edilen bulanıklık verileri kullanılarak bulanıklığın ölçüldüğü istasyona ait AKM konsantrasyonunun tahmin edilmesine yönelik bir modelleme gerçekleştirilmiştir. Kurulan modellerin isimleri ile girdi verilerine ait detaylı bilgi Ek Tablo 3'te sunulan tabloda detaylı olarak sunulmuştur.

Tahmin çalışmalarında kullanılacak olan veriler modellerin eğitim, doğrulama ve test aşamalarında kullanılmak üzere üç kısma ayrılmıştır. Tahmin modellerinde verilerin % 60'ı

eğitim, % 20'si doğrulama ve geriye kalan % 20'si ise test aşamalarında kullanılmıştır. Tahmin modellerinde bağımsız değişkenlerin farklı büyüklükler arasında değişkenlik göstermesi optimizasyonu zorlaştıran parametrelerden bir tanesidir. Bu sebeple optimizasyonu daha kolay yapabilmek adına veri takımları 0.1-0.9 arasında Eşitlik 16'da verilen formül ile normalize edilmiştir. Tahmin analizleri gerçekleştirilmesinin ardından diğer yöntemlerden elde edilen tahmin sonuçlarının kıyaslanması ve ham verilerle daha kolay yorumlanabilmesi bakımından normalize veriler tekrar anormalize edilmiştir.

$$Normalize\ Değer = \left[\frac{Ham\ Değer - Minimum\ Değer}{Maksimum\ Değer - Minimum\ Değer} \right] (0.9 - 0.1) + 0.1 \quad (16)$$

Oluşturulan tahmin modellerinden elde edilen tahmin sonuçları aşağıda verilen performans değerlendirme ölçütlerinden faydalanılarak yorumlanmıştır. Modeller arasında daha iyi kıyas gerçekleştirilebilmesi ve elde edilen sonuçların doğruluk ölçütlerinin daha anlaşılabilir olması bakımından birden fazla değerlendirme ölçütüne yer verilmiştir. Tahmin sonuçlarının gözlem değerleri ile doğruluğu karesel hatanın ortalama karekökü (KHOK), ortalama mutlak hata (OMH) ve Nash-Sutcliffe (NS) verimlilik katsayısı istatistikleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Bu istatistiklere ait formüller sırasıyla Eşitlik 17, 18 ve 19'da verilmektedir.

$$KHOK = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - y_{t_i})^2} \quad (17)$$

$$OMH = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |(y_i - y_{t_i})| \quad (18)$$

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - y_{t_i})^2}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2} \quad (19)$$

Eşitliklerde; N, veri sayısını; y_i ölçüm değerlerini; y_{t_i} tahmin değerlerini ve $\bar{y}$ ise ölçüm değerlerinin ortalamasını ifade etmektedir.

3. BULGULAR

Bu bölümde, Doğu Karadeniz Havzası sınırları içerisinde yer alan Galanima, Değirmendere ve Yomra akarsularında Aralık 2019 - Kasım 2022 tarihleri arasında gerçekleştirilen arazi çalışmalarıyla belirlenen AKM, Q ve T sonuçlarına yer verilmiştir.

Gerçekleştirilen ölçümler ilgili tarihler arasından gerçekleştirilen 70'i aşkın arazi çalışmasından elde edilmiştir. Çalışma takvimi süresince tüm Dünya'da etkisini gösteren COVID'19 pandemisi nedeniyle Nisan 2020 tarihlerinde gerçekleştirilmesi planlanan çalışmalar yapılamamış, bu tarihe ait veriler boş bırakılmıştır.

3.1. Arazi ve Laboratuvar Çalışmalarından Elde Edilen Bulgular

Galanima, Değirmendere ve Yomra akarsuları üzerinde her bir akarsu boyunca membadan mansaba doğru konumlandırılan AKM gözlem istasyonlarında Aralık 2019 - Kasım 2022 tarihleri arasını kapsayan 12 mevsim boyunca ayda iki kez olacak şekilde 15 günlük gözlem süresi boyunca elde edilen Q ölçümleri ile laboratuvarda gerçekleştirilen AKM analizi sonucunda elde edilen bulgulara ait istatistiki sonuçlar sırasıyla sunulmaktadır.

Ayrıca bütün AKM gözlem istasyonlarında Aralık 2021 - Kasım 2022 tarihleri arasında 15 günlük periyotlarla gerçekleştirilen AKM ve Q belirleme çalışmalarına ek olarak yerinde T ölçümleri de gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler dört mevsim boyunca devam ettirilmiştir. Yine aynı zaman dilimini kapsayan süreçte Değirmendere Havzası özelinde AKM ve T parametrelerinin insan faaliyetlerinden ne derece etkilendiğini gözlemlemek amacıyla gün doğumu (06:00 - 07:00) ve gün ortası (12:00 - 13:00) zaman dilimlerinde örnekleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma ise ayda dört kez olacak şekilde haftalık periyotlarla yürütülmüştür.

İki değişken arasındaki ilişkinin açığa çıkarılmasında korelasyon katsayısından (R) faydalanılmaktadır. Yerinde ve laboratuvarda gerçekleştirilen ölçümler ve analizler nihayetinde elde edilen sonuçlar IBM SPSS Statistics 22 programı ile analiz edilmiştir. Her bir havza özelinde elde edilen korelasyon matrisleri de sırasıyla ilerleyen bölümlerde sunulmuştur. AKM sınıflandırması NVIDIA tarafından oluşturulan ve açık kaynaklı kullanıma olanak sağlayan, birleşik cihaz mimarisi hesaplama (CUDA) ve CUDA derin sinir ağı (CUDNN) kütüphanelerinden faydalanılarak gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırmaya ait

modeller 32 GB RAM ve NVIDIA Quadro RTX 4000 GPU'ya sahip Windows 11 bilgisayar ile eğitilmiş ve doğrulanmıştır.

AKM (mg/L) tahminine yönelik gerçekleştirilen çalışmalarda ÇRA, ÇDURE ve YSA yöntemlerinden faydalanılmıştır. Yerinde ve laboratuvarında gerçekleştirilen ölçümler ve analizler nihayetinde elde edilen sonuçlar kullanılarak gerçekleştirilen ÇRA analizleri IBM SPSS Statistics 22, ÇDURE analizleri Salford Predictive Modeller 8 ve YSA analizleri ise Matlab R2021a programları aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

AKM (mg/L) tayini sonucunda gözlem havzalarında, her bir AKM gözlem istasyonunda gözlem yıllarında mevsimsel olacak şekilde minimum, ortalama, maksimum değerler ile standart sapma değerleri Tablo 8, 9 ve 10'da verilmiştir.



Tablo 8. Galanima Deresi Havzası'nda askıda katı madde konsantrasyonunun (mg/L) mevsimsel değişimi

		G1				G2				G3				G4			
		Min.	Ort.	Mak.	SS.	Min.	Ort.	Mak.	SS.	Min.	Ort.	Mak.	SS.	Min.	Ort.	Mak.	SS.
2019-2020	K	34.08	67.31	94.08	30.51	39.17	70.53	87.67	27.20	34.92	54.22	70.42	17.95	41.83	70.89	86.83	25.20
	İ	64.42	116.88	169.33	74.19	99.58	116.63	133.67	24.10	45.83	80.50	115.17	49.03	44.75	75.75	106.75	43.84
	Y	41.17	81.17	141.67	53.29	45.08	239.28	466.58	212.69	38.08	74.50	94.50	31.59	49.50	72.97	105.58	29.14
	S	22.92	38.94	70.83	27.62	104.42	189.31	336.00	127.56	10.67	43.14	106.92	55.24	8.42	41.47	106.33	56.17
	Ort.	40.65	76.08	118.98	46.40	72.06	153.94	255.98	97.89	32.38	63.09	96.75	38.45	36.13	65.27	101.37	38.59
2020-2021	K	8.17	40.81	103.67	54.45	7.00	34.64	85.08	43.75	5.67	34.75	92.08	49.65	10.92	46.36	108.83	54.27
	İ	23.43	444.09	1,176.08	636.28	20.43	327.87	832.17	440.22	22.42	277.75	702.92	370.68	27.00	281.31	693.75	360.41
	Y	11.67	25.33	47.08	19.04	8.83	25.72	56.17	26.42	9.42	37.89	94.75	49.24	7.58	20.50	40.25	17.37
	S	1.58	162.06	406.92	215.44	1.75	238.61	635.75	346.06	7.08	242.61	632.08	339.75	10.00	293.94	731.42	384.43
	Ort.	11.21	168.07	433.44	231.30	9.50	156.71	402.29	214.11	11.15	148.25	380.46	202.33	13.88	160.53	393.56	204.12
2021-2022	K	14.50	29.83	54.83	14.41	55.33	510.61	2,437.50	947.70	6.00	320.00	1,535.00	605.05	13.67	169.78	503.83	225.28
	İ	12.83	619.69	3,489.33	1,406.38	7.33	300.69	1,555.67	616.15	4.67	374.14	2,103.67	847.52	3.67	295.85	1,640.17	658.75
	Y	1.83	9.31	20.50	8.05	2.00	12.97	30.00	12.85	1.83	10.33	37.00	13.50	1.00	29.83	88.00	35.68
	S	1.67	7.36	23.83	8.97	1.33	2.19	3.83	0.94	2.33	8.67	17.50	5.54	2.83	16.46	46.50	19.86
	Ort.	7.71	166.55	897.12	359.45	16.50	206.62	1006.75	394.41	3.71	178.29	923.29	367.90	5.29	127.98	569.63	234.89

Tablo 9. Değirmendere Havzası'nda askıda katı madde konsantrasyonunun (mg/L) mevsimsel değişimi

	D1					D2				D3				D4			
		Min.	Ort.	Mak.	SS.	Min.	Ort.	Mak.	SS.	Min.	Ort.	Mak.	SS.	Min.	Ort.	Mak.	SS.
2019-2020	K	12.00	24.19	47.08	19.84	10.92	12.81	13.92	1.64	26.92	69.06	96.33	37.02	242.92	364.48	541.18	156.59
	İ	79.58	82.63	85.67	4.30	69.42	163.96	258.50	133.70	134.42	168.54	202.67	48.26	124.83	188.88	252.92	90.57
	Y	10.08	14.78	19.50	4.71	24.75	34.47	41.00	8.58	94.58	197.56	291.50	98.77	55.75	162.06	301.84	126.41
	S	3.25	7.72	15.50	6.76	18.92	20.75	23.92	2.75	107.42	173.42	271.83	86.87	86.67	105.14	135.67	26.63
	Ort.	26.23	32.33	41.94	8.90	31.00	58.00	84.34	36.67	90.84	152.15	215.58	67.73	127.54	205.14	307.90	100.05
2020-2021	K	1.83	3.89	6.08	2.13	3.58	12.74	24.71	10.84	74.50	236.72	409.92	167.98	63.58	238.97	511.92	239.56
	İ	13.60	182.06	395.58	194.94	19.17	196.81	480.17	248.02	81.90	542.60	1,317.25	674.87	90.58	299.92	637.83	295.42
	Y	4.58	12.50	18.42	7.13	21.67	24.00	28.33	3.76	84.33	149.50	245.33	84.77	61.83	83.31	109.42	24.13
	S	29.92	188.00	504.08	273.74	25.75	215.44	405.33	189.79	98.50	296.86	678.75	330.81	36.67	241.06	598.33	310.48
	Ort.	12.48	96.61	231.04	119.49	17.54	112.25	234.64	113.10	84.81	306.42	662.81	314.61	63.17	215.82	464.38	217.40
2021-2022	K	2.17	39.67	247.50	69.52	7.33	22.79	61.83	14.31	12.33	132.35	297.50	107.05	31.00	83.33	211.50	53.29
	İ	9.17	286.92	2,192.67	661.02	12.83	181.19	983.17	337.54	24.17	220.13	1,000.00	364.83	32.00	248.06	1,165.50	415.02
	Y	2.83	13.72	53.33	14.08	8.33	20.65	36.00	9.26	12.83	97.32	215.50	58.72	17.67	79.82	182.83	56.48
	S	2.50	16.19	124.33	34.19	5.00	18.51	54.17	11.99	89.50	174.06	308.33	75.32	35.67	94.39	244.33	68.50
	Ort.	4.17	89.13	654.46	194.70	8.37	60.79	283.79	93.28	34.71	155.97	455.33	151.48	29.09	126.40	451.04	148.32

Tablo 10. Yomra Deresi Havzası'nda askıda katı madde konsantrasyonunun (mg/L) mevsimsel değişimi

	Y1					Y2				Y3				Y4			
		Min.	Ort.	Mak.	SS.	Min.	Ort.	Mak.	SS.	Min.	Ort.	Mak.	SS.	Min.	Ort.	Mak.	SS.
2019-2020	K	33.58	436.19	1,209.00	669.47	17.58	129.28	352.08	192.96	106.92	528.44	855.92	383.26	145.58	317.36	435.83	152.29
	İ	58.08	142.79	227.50	119.80	174.50	312.13	449.75	194.63	613.50	1,568.29	2,523.08	1,350.28	703.83	802.00	900.17	138.83
	Y	63.08	283.36	663.83	330.87	132.17	436.44	787.42	330.11	404.83	833.19	1,193.08	398.56	179.58	605.17	1,200.58	531.27
	S	6.83	29.31	62.92	29.65	7.25	33.97	82.67	42.24	126.33	1,104.89	2,259.92	1,077.68	85.67	675.75	1,794.83	969.64
	Ort.	40.39	222.91	540.81	287.45	82.88	227.96	417.98	189.99	312.90	1,008.70	1,708.00	802.45	278.67	600.07	1,082.85	448.01
	2020-2021	K	3.00	27.94	69.75	36.43	9.75	30.19	61.83	27.79	672.83	1,333.72	2,642.17	1,133.17	215.00	754.34	1,712.17
İ		32.50	865.94	1,598.33	787.79	34.08	191.20	451.33	226.90	321.57	1,092.41	1,973.75	831.62	304.07	596.24	1,009.58	368.04
Y		41.92	193.19	460.92	232.51	161.00	222.19	253.33	53.00	166.67	1,169.11	3,088.00	1,662.36	135.67	1,126.78	2,946.50	1,578.02
S		39.08	91.53	131.92	47.58	3.58	117.19	275.58	141.42	236.00	1,257.61	2,016.17	918.77	132.83	322.72	683.08	312.23
Ort.		29.13	294.65	565.23	276.08	52.10	140.19	260.52	112.28	349.27	1,213.21	2,430.02	1,136.48	196.89	700.02	1,587.83	772.50
2021-2022	K	7.17	146.11	668.67	258.22	7.50	21.03	31.33	8.93	52.67	470.86	1,008.33	433.80	81.17	313.17	872.17	313.25
	İ	4.00	745.28	4,274.00	1,729.04	6.17	962.22	5,413.00	2,181.49	7.33	1,261.44	5,503.67	2,123.94	11.33	1,878.72	5,423.33	2,008.19
	Y	3.33	300.89	1,742.00	706.07	3.50	8.33	18.67	5.62	25.67	2,319.86	9,704.50	3,759.09	19.00	379.81	975.17	353.41
	S	2.67	19.47	79.17	33.45	2.83	5.67	14.67	5.07	37.83	523.67	2,396.67	1,047.28	20.00	89.20	320.33	129.67
	Ort.	4.29	302.94	1,690.96	681.70	5.00	249.31	1,369.42	550.28	30.88	1,143.96	4,653.29	1,841.03	32.88	665.23	1,897.75	701.13

D22A154 nolu Şinik (Galanima) ve D22A086 Öğütlü (Değirmendere) AGİ'lerde çalışma süresi boyunca kayıt edilen su seviyeleri DSİ tarafından bu istasyonlara özel belirlenen debi anahtar eğrilerinde yerine konularak anlık debi değerleri hesap edilmiş ve istatistiki değerleri Tablo 11'de yer verilmiştir.

Tablo 11. Gözlem süresi boyunca Galanima ve Değirmendere havzalarında bulunan AGİ'lerde belirlenen anlık debiler (m³/s)

		Galanima AGİ				Değirmendere AGİ			
		Min.	Ort.	Mak.	SS.	Min.	Ort.	Mak.	SS.
2019-2020	K	2.23	2.96	4.33	1.19	3.12	5.78	8.45	2.67
	İ	1.34	5.48	6.42	2.44	30.60	40.40	50.20	13.86
	Y	1.58	1.91	2.07	0.28	3.30	9.44	14.90	5.83
	S	0.93	1.57	2.86	1.12	1.72	3.90	7.74	3.33
	Ort.	1.52	2.98	3.92	1.26	9.69	14.88	20.32	6.42
2020-2021	K	0.93	1.85	3.06	1.09	1.28	2.30	3.51	1.13
	İ	1.42	4.67	7.87	3.23	22.65	32.78	49.00	14.19
	Y	0.93	1.54	2.45	0.80	3.80	9.07	14.78	5.50
	S	0.06	2.81	4.96	2.50	7.48	26.39	49.70	21.45
	Ort.	0.84	2.72	4.59	1.91	8.80	17.64	29.25	10.57
2021-2022	K	0.29	0.99	1.58	0.65	6.62	10.49	13.36	3.48
	İ	0.37	3.27	7.70	3.90	21.80	67.10	94.15	39.48
	Y	0.05	0.06	0.08	0.02	4.36	44.07	83.93	39.79
	S	0.05	0.05	0.05	0.00	4.08	7.78	14.90	6.17
	Ort.	0.19	1.09	2.35	1.14	9.22	32.36	51.59	22.23

Aralık 2021 - Kasım 2022 tarihleri arasında bütün AKM gözlem istasyonlarında gerçekleştirilen çalışmalarda AKM ve Q parametrelerine ek olarak ölçümleri yapılan T verilerin de sonuçları mevsimsel olacak şekilde minimum, ortalama, maksimum değerler ile standart sapma değerleri gözlem havzaları için sırasıyla Tablo 12, 13 ve 14'te verilmiştir.

Aynı zaman dilimini kapsayan süreçte Değirmendere Havzası özelinde AKM, Q ve T parametrelerinin insani faaliyetlerden ne derece etkilendiğini gözlemlemek amacıyla gün doğumu (06:00 - 07:00) ve gün ortası (12:00 - 13:00) zaman dilimlerinde örnekleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma ise ayda dört kez olacak şekilde haftalık periyotlarla yürütülmüştür. Değirmendere Havzası'nda gündeğümü ve gün ortasında

belirlenen AKM ve T değerlerine ait istatistiki sonuçlar Tablo 13 ve Q değerlerine ait istatistiki değerler ise Tablo 15’te sunulmuştur.

Tablo 12. 2021-2022 gözlem yıllarında Galanima Havzası AKM ve T değerleri

		Kış		İlkbahar		Yaz		Sonbahar	
		AKM (mg/L)	T (NTU)	AKM (mg/L)	T (NTU)	AKM (mg/L)	T (NTU)	AKM (mg/L)	T (NTU)
G1	Min.	14.50	14.73	12.83	13.25	1.83	1.48	1.67	1.33
	Ort.	29.83	33.25	619.69	264.36	9.31	12.50	7.36	17.66
	Mak.	54.83	64.68	3,489.33	1,337.14	20.50	35.80	23.83	86.87
	SS.	14.41	17.89	1,406.38	526.99	8.05	13.38	8.97	34.14
G2	Min.	55.33	65.34	7.33	15.40	2.00	1.63	1.33	1.04
	Ort.	510.61	871.81	300.69	314.42	12.97	28.25	2.19	1.97
	Mak.	2,437.50	3,000.00	1,555.67	1,460.70	30.00	72.31	3.83	3.36
	SS.	947.70	1,732.62	616.15	570.45	12.85	27.10	0.94	1.00
G3	Min.	6.00	5.52	4.67	4.90	1.83	1.48	2.33	1.93
	Ort.	320.00	524.63	374.14	255.82	10.33	26.00	8.67	13.13
	Mak.	1,535.00	2,630.62	2,103.67	1,300.18	37.00	78.60	17.50	35.00
	SS.	605.05	1,043.67	847.52	514.47	13.50	31.58	5.54	12.40
G4	Min.	13.67	13.80	3.67	3.00	1.00	0.75	2.83	2.40
	Ort.	169.78	247.29	295.85	329.32	29.83	50.91	16.46	26.87
	Mak.	503.83	762.08	1,640.17	1,741.55	88.00	173.64	46.50	106.09
	SS.	225.28	343.23	658.75	692.24	35.68	66.94	19.86	41.76

Tablo 13. 2021-2022 gözlem yıllarında Değirmendere Havzası AKM ve T değerleri

		Kış		İlkbahar		Yaz		Sonbahar	
		AKM (mg/L)	T (NTU)	AKM (mg/L)	T (NTU)	AKM (mg/L)	T (NTU)	AKM (mg/L)	T (NTU)
D1S	Min.	2.00	1.63	13.00	13.05	4.50	4.01	1.83	1.48
	Ort.	11.89	12.79	327.15	527.78	18.42	20.35	12.64	13.12
	Mak.	70.00	84.86	1,882.00	3,000.00	67.00	80.83	40.83	46.60
	SS.	18.58	22.94	694.97	1,154.88	21.00	25.77	11.19	13.01
D2S	Min.	4.17	3.68	14.83	15.11	6.17	5.69	4.50	4.01
	Ort.	16.64	18.62	239.57	385.49	24.32	27.24	23.46	25.93
	Mak.	100.83	127.35	1,354.17	2,288.34	88.00	109.46	70.50	85.54
	SS.	26.74	34.44	475.21	804.41	23.32	29.63	18.09	22.30
D3S	Min.	14.83	15.11	21.00	22.24	14.67	14.92	14.67	14.92
	Ort.	60.94	76.85	331.68	518.20	42.93	52.03	53.30	63.46
	Mak.	259.00	363.60	1,900.17	3,000.00	186.17	256.00	97.00	121.98
	SS.	70.70	100.70	653.56	1,078.16	47.98	67.50	24.72	32.32
D4S	Min.	16.83	17.39	27.17	29.62	12.50	12.49	14.67	14.92
	Ort.	180.04	280.17	346.91	551.25	40.42	48.45	69.18	83.38
	Mak.	1,422.17	2,416.48	1,869.50	3,000.00	187.50	251.00	206.00	240.00
	SS.	399.25	682.75	665.39	1,116.24	48.92	66.71	60.83	77.17
D1	Min.	2.17	1.78	9.17	8.85	2.83	2.40	2.50	2.09
	Ort.	39.67	50.32	286.92	409.74	13.72	14.49	16.19	18.88
	Mak.	247.50	345.69	2,192.67	3,000.00	53.33	62.72	124.33	160.76
	SS.	69.52	97.38	661.02	934.20	14.08	16.84	34.19	44.79
D2	Min.	7.33	6.90	12.83	12.86	8.33	7.96	5.00	4.51
	Ort.	22.79	24.84	181.19	278.36	20.65	22.08	18.51	19.70
	Mak.	61.83	73.93	983.17	1,602.83	36.00	40.51	54.17	63.81
	SS.	14.31	17.61	337.54	551.64	9.26	10.95	11.99	14.66
D3	Min.	12.33	12.31	24.17	26.01	12.83	12.86	89.50	111.53
	Ort.	132.35	179.22	220.13	335.83	97.32	113.17	174.06	234.02
	Mak.	297.50	424.18	1,000.00	1,633.38	215.50	280.00	308.33	441.40
	SS.	107.05	154.77	364.83	606.57	58.72	76.04	75.32	112.52
D4	Min.	31.00	34.30	32.00	35.54	17.67	18.35	35.67	40.09
	Ort.	83.33	105.23	248.06	388.69	79.82	99.81	94.39	114.87
	Mak.	211.50	290.25	1,165.50	1,936.67	182.83	223.00	244.33	328.00
	SS.	53.29	75.04	415.02	698.68	56.48	72.88	68.50	88.44

* Tabloda S indisi gündoğumu çalışmalarını temsil etmektedir.

Tablo 14. 2021-2022 gözlem yıllarında Yomra Havzası AKM ve T değerleri

		Kış		İlkbahar		Yaz		Sonbahar	
		AKM (mg/L)	T (NTU)	AKM (mg/L)	T (NTU)	AKM (mg/L)	T (NTU)	AKM (mg/L)	T (NTU)
Y1	Min.	7.17	6.73	4.00	3.52	3.33	2.87	2.67	2.24
	Ort.	146.11	215.27	745.28	525.05	300.89	510.98	19.47	22.75
	Mak.	668.67	1,044.01	4,274.00	3,000.00	1,742.00	3,000.00	79.17	97.31
	SS.	258.22	408.33	1,729.04	1,212.76	706.07	1,219.42	33.45	41.74
Y2	Min.	7.50	7.08	6.17	5.69	3.50	3.03	2.83	2.40
	Ort.	21.03	22.50	962.22	591.15	8.33	8.13	5.67	5.35
	Mak.	31.33	34.71	5,413.00	3,000.00	18.67	19.51	14.67	14.92
	SS.	8.93	10.39	2,181.49	1,185.50	5.62	6.12	5.07	5.38
Y3	Min.	52.67	61.85	7.33	6.90	25.67	27.81	37.83	42.81
	Ort.	470.86	741.75	1,261.44	891.12	2,319.86	1,262.06	523.67	652.85
	Mak.	1,008.33	1,648.53	5,503.67	3,000.00	9,704.50	3,000.00	2,396.67	3,000.00
	SS.	433.80	716.34	2,123.94	1,121.51	3,759.09	1,391.16	1,047.28	1,312.44
Y4	Min.	81.17	100.05	11.33	11.20	19.00	19.90	20.00	21.07
	Ort.	313.17	470.35	1,878.72	1,520.38	379.81	572.74	89.20	121.46
	Mak.	872.17	1,402.91	5,423.33	3,000.00	975.17	1,588.34	320.33	467.00
	SS.	313.25	514.16	2,008.19	1,325.92	353.41	576.88	129.67	193.63

Tablo 15. Değirmendere Havzası gün doğumu ve gün ortası anlık debi değerleri (m³/s)

		Min.	Ort.	Mak.	SS.
Kış	Gün Doğumu	4.92	9.20	18.40	4.51
	Gün Ortası	4.92	10.13	18.40	4.51
İlkbahar	Gün Doğumu	10.60	53.88	104.10	32.02
	Gün Ortası	11.50	53.64	100.00	30.32
Yaz	Gün Doğumu	4.36	24.57	61.10	18.78
	Gün Ortası	3.80	24.66	61.10	18.91
Sonbahar	Gün Doğumu	3.80	7.78	18.40	5.35
	Gün Ortası	2.67	6.97	17.00	4.47

3.2. Askıda Katı Maddde Konsantrasyonunun Sınıflandırılmasına Yönelik Bulgular

ESA modellerinin AKM sınıflandırması için gerçekleştirilen analizlerde en iyi sınıflandırma performans sonuçları Tablo 16’da gösterilmektedir. Tabloda analizlerde kullanılan kaba ve ince modellere ait sonuçlara da yer verilmiştir. Analizlerde kaba eğitim ile eğitilmiş olan ağ daha sonra ince ayarlama ile model ağırlıkları yeniden belirlenerek tekrardan eğitilmiştir. Tabloda her iki eğitime ait performans kriterleri ayrı ayrı sunulmuştur. Tabloda yer verilen doğruluk ölçütü ile modelin doğruluğu, kesinlik ölçütü ile doğru pozitif tahminlerin oranı, F1-ölçütü ile kesinlik ve hatırlamanın birleşimi, AUC ölçütü ile modelin pozitif ve negatif örnekleri ayırt etme yeteneği, MCC ile de modelin genel performansının belirlenmesine yönelik yorumlar gerçekleştirilebilmektedir.

Oluşturulan sınıflandırma modelleri arasında en iyi belirleme sonuçlarının Genel ESA ile gerçekleştirilen sınıflandırmalardan elde edildiği belirlenmiştir. Tabloda ayrıca en kötü tahmin sonuçlarının VGG-16 ve VGG-19 modelleriyle belirlendiği anlaşılmıştır.

Tablo 16. Sınıflandırma modellerinden elde edilen performans ölçütleri

Model Adı		Doğruluk	Kesinlik	Hatırlama	F1-Ölçütü	AUC	MCC
Genel ESA	Kaba	0.9026	0.9524	0.5195	0.6723	0.9800	0.8700
	İnce	0.8000	0.8384	0.7828	0.7816	0.9700	0.7400
VGG-16	Kaba	0.2205	0.0551	0.2500	0.0903	0.4900	0.0000
	İnce	0.2205	0.0551	0.2500	0.0903	0.4900	0.0000
VGG-19	Kaba	0.2205	0.0551	0.2500	0.0903	0.4900	0.0000
	İnce	0.7333	0.7874	0.7245	0.7261	0.9300	0.6600
Inception-V3	Kaba	0.7897	0.7795	0.7764	0.7711	0.9400	0.7200
	İnce	0.7897	0.7953	0.7781	0.7711	0.9500	0.7200
Xception	Kaba	0.8000	0.8015	0.7852	0.7754	0.9400	0.7400
	İnce	0.8154	0.8334	0.7965	0.7763	0.9700	0.7600
DenseNet-121	Kaba	0.8308	0.8765	0.8157	0.7998	0.9600	0.7900
	İnce	0.8308	0.8620	0.8150	0.8024	0.9600	0.7800
MobileNet	Kaba	0.7744	0.7561	0.7570	0.7475	0.9400	0.7000
	İnce	0.8667	0.8617	0.8570	0.8550	0.9700	0.8200
NASNet-mobile	Kaba	0.7641	0.7628	0.7522	0.7554	0.9100	0.6800
	İnce	0.8564	0.8679	0.8427	0.8397	0.9800	0.8100

3.3. Askıda Katı Madde Konsantrasyonunun Tahmini için Kurulan Modellemelere ait Bulgular

AKM (mg/L) tahmin çalışmalarında ÇRA, ÇDURE ve YSA yöntemlerinden faydalanılmıştır. Aşağıda bu yöntemlere ait sonuçlara sırasıyla yer verilmiştir. ÇRA ile AKM gözlem istasyonlarında belirlenen AKM (mg/L), Q (m³/s) ve T (NTU) parametrelerinin girdi olarak kullanıldığı modellerle AKM (mg/L) tahmini gerçekleştirilmiştir. Tahmin çalışmasında kullanılan veriler eğitim, doğrulama ve test veri gruplarına ayrılmıştır. Eğitim aşamasında eğitim veri grubundan faydalanılarak regresyon fonksiyonları eğitilmiş ve regresyon fonksiyonlarına ait katsayılar belirlenmiştir. Daha sonra elde edilen fonksiyonlar doğrulama ve test veri gruplarına uygulanarak tahmin modellerinin performansları belirlenmiştir.

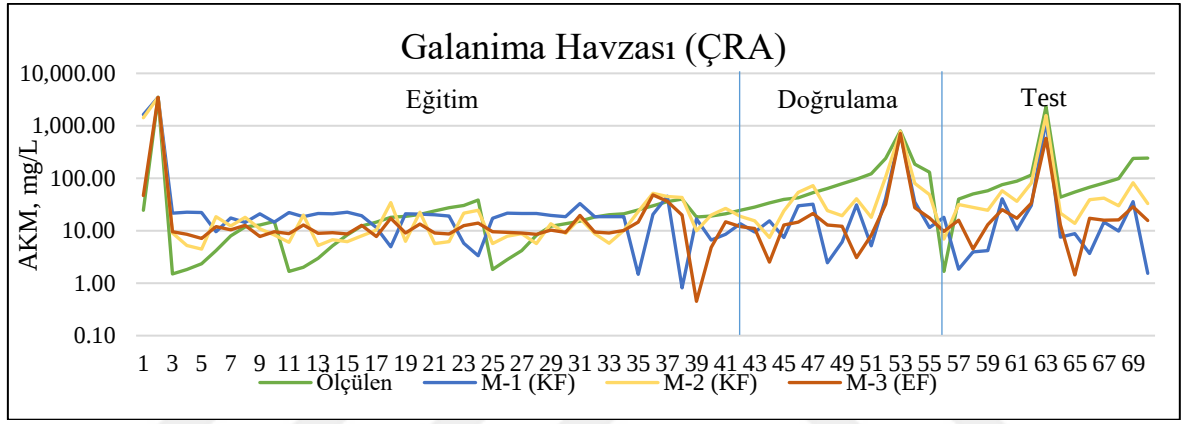
Bölüm 2.4.3'te bahsi geçen fonksiyon türleri kullanılarak yapılan regresyon analizlerinde, farklı girdi durumları için uygun fonksiyonlara ait denklem katsayıları belirlenmiştir. ÇRA için belirlenen denklem katsayıları Ek Tablo 4'te sunulmuştur.

ÇDURE yöntemi ile gerçekleştirilecek olan tahmin öncesinde eğitim veri grubu ile taban fonksiyonları elde edilmiştir. Elde edilen taban fonksiyonları ile oluşturulan tahmin denklemi de Ek Tablo 5'te sunulmuştur.

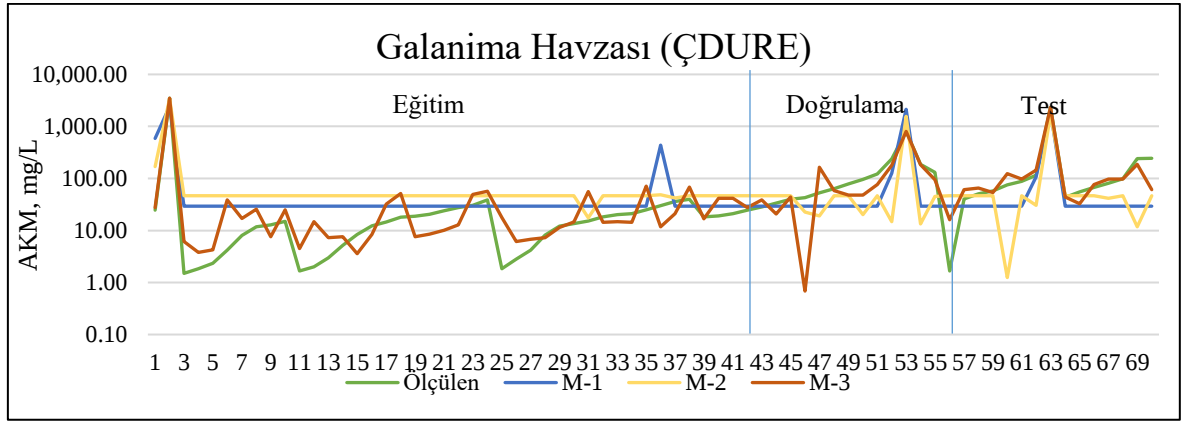
YSA yöntemi ile gerçekleştirilen tahminlerde farklı ara katman, öğrenme ve momentum katsayıları (Bölüm 2.4.5. Tablo 4) kullanılarak en iyi tahmin modeli elde edilmeye çalışılmıştır. Kurulan tahmin modelleri arasından en iyi tahmin sonuçlarını elde eden tahmin modeline ait ara katman sayısı, öğrenme ve momentum katsayıları Ek Tablo 6'da sunulmuştur.

Galanima Havzası'nda membada bulunan G1 AKM gözlem istasyonuna ait AKM (mg/L) mansapta bulunan G2, G3 ve G4 AKM gözlem istasyonlarına ait AKM (mg/L) aracılığıyla ÇRA tahmin modelleri kurularak belirlenmeye çalışılmıştır. M-1, M-2 ve M-3 modelleri ile gerçekleştirilen tahmin sonuçlarına ait performans istatistikleri Ek Tablo 7'de verilmiştir. İlgili tablo incelendiğinde ÇRA ile gerçekleştirilen tahminlerin başarıya ulaşmadığı anlaşılmıştır. Farklı girdi parametrelerinin tahmin performansı üzerine etkilerini gözlemlmek için kurulan farklı regresyon modellemeleri ile başarılı tahminler yapılamadığı anlaşılmıştır. Kurulan modeller arasında en yüksek performans istatistiklerini elde eden fonksiyonlar Ek Tablo 7'de kalın ve italik olacak şekilde vurgulanmış, en iyi tahmin sonucuna ait zaman serisi Şekil 47'de sunulmuştur.

ÇDURE yöntemi ile Galanima Havzası'nda memba G1 AKM gözlem istasyonuna ait AKM (mg/L) mansapta bulunan G2, G3 ve G4 AKM gözlem istasyonlarına ait AKM (mg/L) belirlenmeye çalışılmıştır. Tahmin modellerine ait performans istatistikleri Ek Tablo 8'de verilmiştir. M-1 ve M-2 tahmin modellerinde eğitim ve test aşamalarında başarılı tahmin performansları elde edilirken aynı başarı doğrulama aşamasında sürdürülememiştir. Bu bakımda bu iki model tahminde yetersiz kalmışlardır. Ancak M-3 tahmin modeli eğitim, doğrulama ve test aşamalarında başarılı sonuçlar elde etmiştir. Tahmin sonuçları ile gözlenen değerlere ait zaman serisine Şekil 48'de yer verilmiştir.



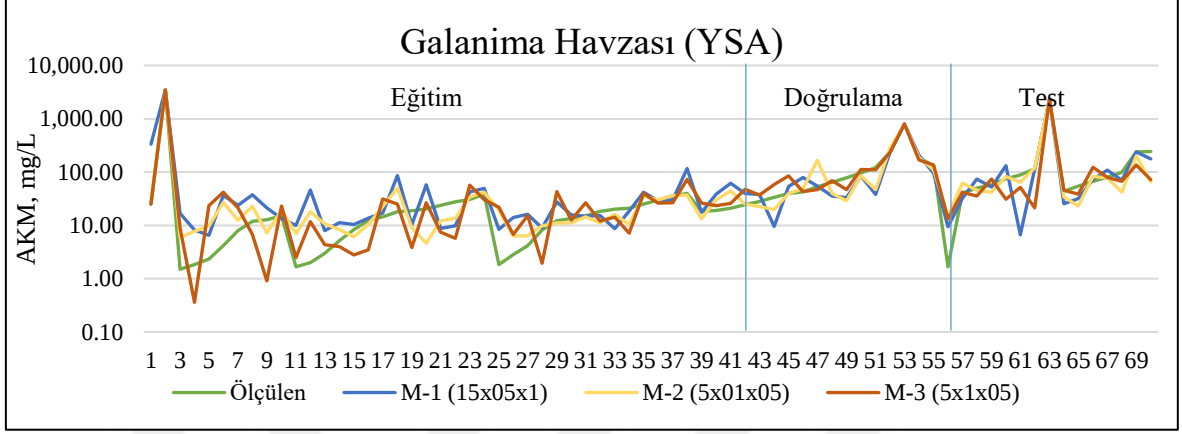
Şekil 47. Galanima Havzası'nda ÇRA ile gerçekleştirilen memba istasyonu AKM (mg/L) tahmin modellerine ait zaman serisi



Şekil 48. Galanima Havzası'nda ÇDURE ile gerçekleştirilen memba istasyonu AKM (mg/L) tahmin modellerine ait zaman serisi

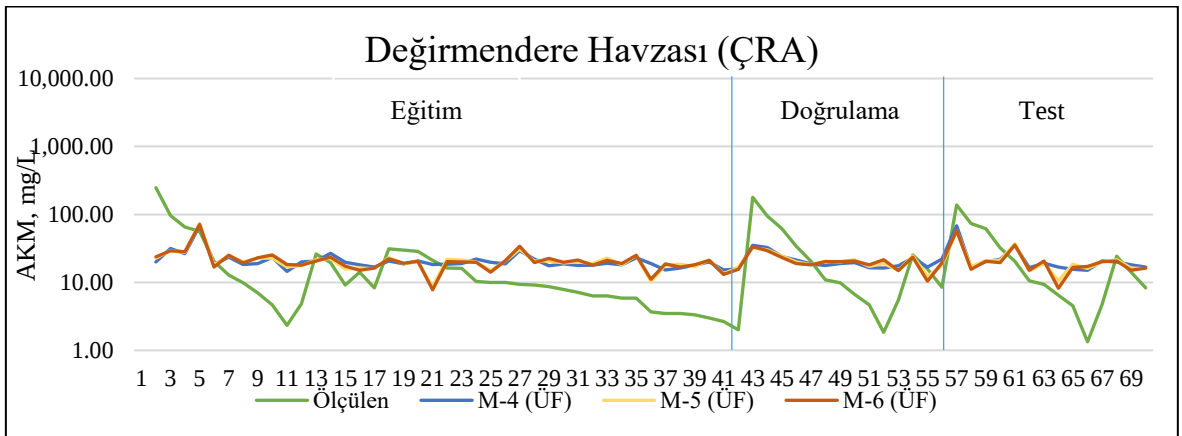
YSA yöntemi ile Galanima Havzası'nda memba G1 AKM gözlem istasyonuna ait AKM (mg/L) G2, G3 ve G4 AKM gözlem istasyonlarına ait AKM (mg/L) ile belirlenmesine ait tahmin modellerine ait performans istatistikleri Ek Tablo 9'da verilmiştir. YSA ile

kurulan bütün tahmin modellerinin eğitim, doğrulama ve test aşamalarında başarılı sonuçlar elde ettiği anlaşılmıştır. Tahmin sonuçları ile gözlenen değerlere ait zaman serisine Şekil 49'da yer verilmiştir.



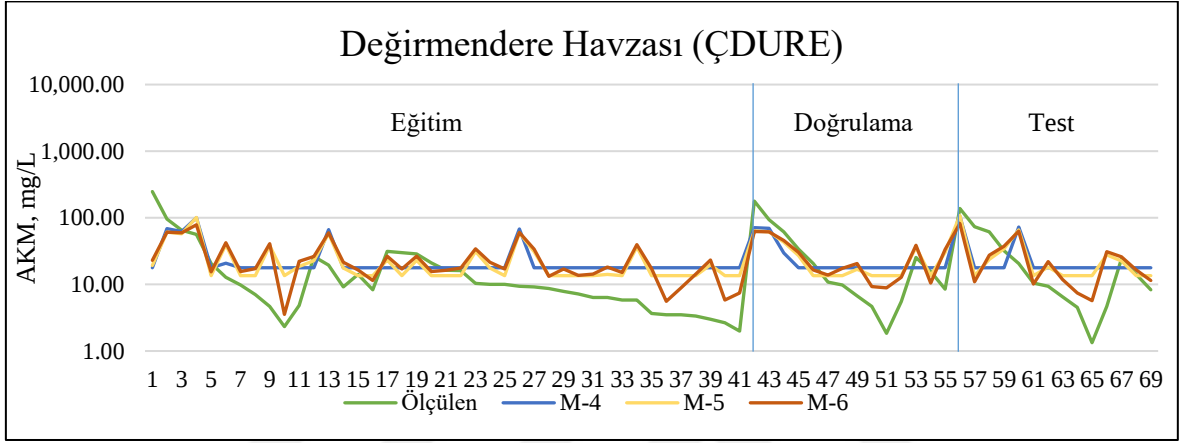
Şekil 49. Galanima Havzası'nda YSA ile gerçekleştirilen memba istasyonu AKM (mg/L) tahmin modellerine ait zaman serisi

ÇRA yöntemi ile Değirmendere memba AKM gözlem istasyonuna ait AKM (mg/L) tahmini amacıyla kurulan M-4, M-5 ve M-6 tahmin modellerine ait performans Ek Tablo 7'da sunulmuştur. Farklı regresyon fonksiyonları ile mansapta bulunun AKM gözlem istasyonlarına ait veriler kullanılarak gerçekleştirilen tahmin modelleriyle başarılı tahmin sonuçlarına ulaşamamıştır. Kurulan tahmin modelleri arasında en iyi performans istatistiklerini elde eden tahmin sonuçları kalın ve italik olarak vurgulanmıştır. Ayrıca tahmin sonuçları ile gözlenen değerlerin zaman serileri de Şekil 50'de verilmiştir.



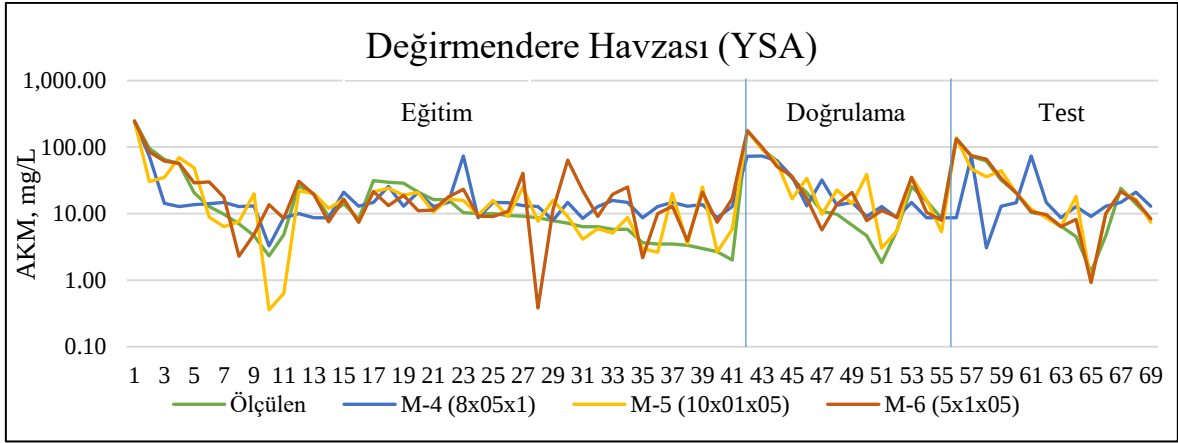
Şekil 50. Değirmendere Havzası'nda ÇRA ile gerçekleştirilen memba istasyonu AKM (mg/L) tahmin modeline ait zaman serisi

ÇDURE yöntemi ile Değirmendere Havzası memba D1 AKM gözlem istasyonuna ait AKM (mg/L) D2, D3 ve D4 AKM gözlem istasyonlarına ait AKM (mg/L) ile belirlenmeye çalışılmıştır. Tahmin modellerinden elde edilen performans istatistiklerine Ek Tablo 8’de verilmiştir. ÇDURE ile kurulan tahmin modellerinden başarılı tahmin performansları elde edilememiştir. Tahmin sonuçları ile gözlem değerlerine ait zaman serilerine Şekil 51’de yer verilmiştir.



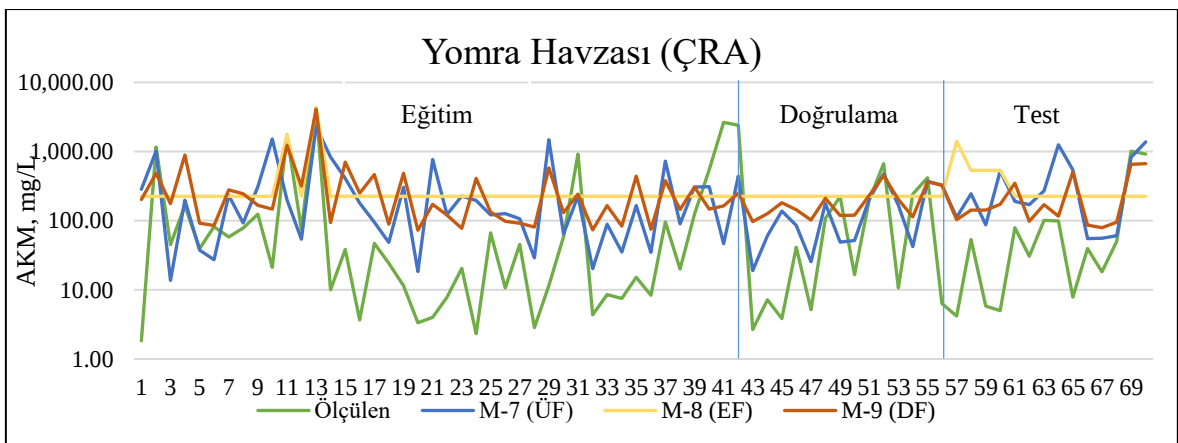
Şekil 51. Değirmendere Havzası’nda ÇDURE ile gerçekleştirilen memba istasyonu AKM (mg/L) tahmin modeline ait zaman serisi

Değirmendere Havzası’nda YSA yöntemi ile memba D1 AKM gözlem istasyonuna ait AKM (mg/L) D2, D3 ve D4 AKM gözlem istasyonlarına ait AKM (mg/L) değişken olarak kullanıldığı tahmin modelleri ile belirlenmeye çalışılmıştır. Kurulan tahmin modellerine ait performans istatistikleri Ek Tablo 9’da. M-4 ve M-6 tahmin modelleri eğitim aşamasında yüksek performans değerleri göstermiştir. Ancak M-4 modeli aynı performansı doğrulama ve test aşamasında sürdürememiştir. M-6 tahmin modeli ise doğrulama ve test aşamalarında en az eğitim aşamasındaki kadar başarılı olmuş ve kullanılabilir tahmin sonuçları elde etmeyi başarmıştır. M-5 tahmin modeli eğitim doğrulama aşamasında kullanılabilir tahmin performansları göstermiş ancak eğitim ve test aşamalarında başarılı olmadığı için kullanılabilir bir tahmin modeli YSA ile kurulan bütün tahmin modellerinin eğitim, doğrulama ve test aşamalarında başarılı sonuçlar elde ettiği anlaşılmıştır. Tahmin sonuçları ile gözlenen değerlere ait zaman serisine Şekil 52’de yer verilmiştir.



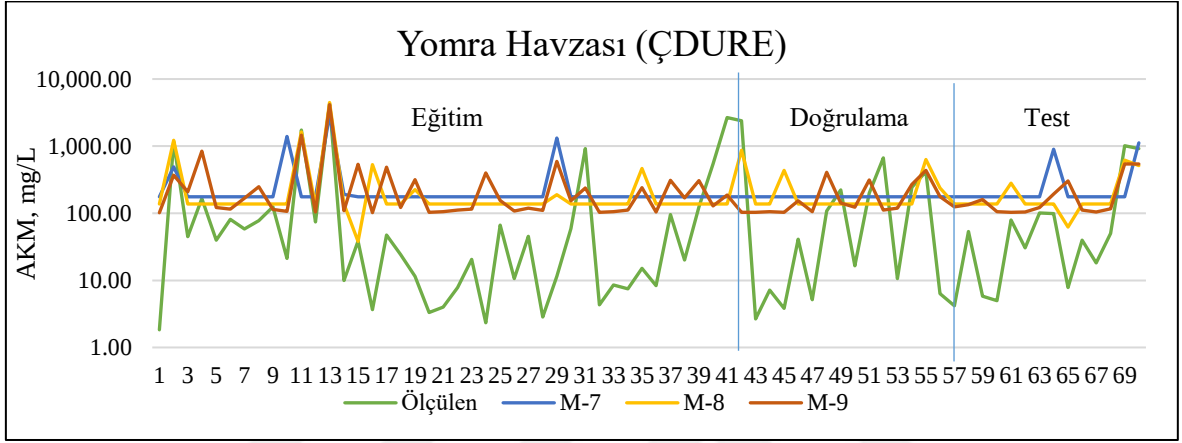
Şekil 52. Değirmendere Havzası'nda YSA ile gerçekleştirilen memba istasyonu AKM (mg/L) tahmin modeline ait zaman serisi

M-7, M-8 ve M-9'da ÇRA ile Yomra Havzası'nda bulunan memba AKM gözlem istasyonuna ait AKM (mg/L) tahmini farklı regresyon fonksiyonları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kurulan tahmin modellerine ait performans istatistikleri Ek Tablo 7'de sunulmuştur. İlgili tabloda en iyi performans değerlerini elde eden fonksiyonlara ait tahmin sonuçları kalın ve italik olarak vurgulanmıştır. Tahmin sonuçlarına göre mansap AKM gözlem istasyonlarının girdi olarak kullanıldığı tahmin modellerinin memba AKM gözlem istasyonuna ait AKM (mg/L) tahmininde yetersiz olduğu anlaşılmıştır. Tahmin modellerinden elde edilen tahmin sonuçları ile gözlenen değerlerin zaman serileri Şekil 53'te sunulmaktadır.



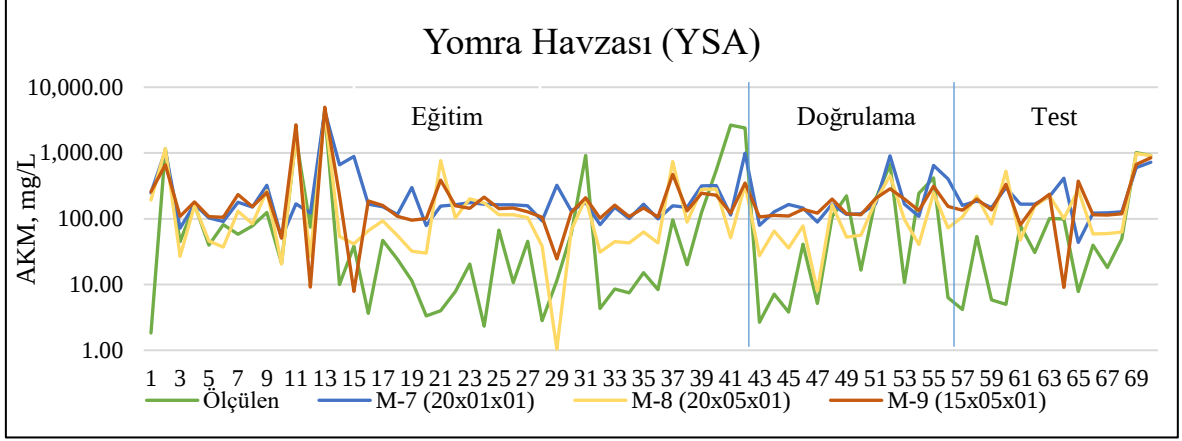
Şekil 53. Yomra Havzası'nda ÇRA ile gerçekleştirilen memba istasyonu AKM (mg/L) tahmin modeline ait zaman serisi

ÇDURE yöntemi ile Yomra Havzası Y1 memba AKM gözlem istasyonuna ait AKM (mg/L) Y2, Y3 ve Y4 AKM gözlem istasyonlarına ait AKM (mg/L) ile belirlenmeye çalışılmıştır. Tahmin modellerine ait performans istatistikleri Ek Tablo 8’de verilmiştir. ÇDURE ile kurulan tahmin modellerinden hiçbirisi başarılı tahmin performansları elde edememiştir. Tahmin sonuçları ile gözlem değerlerine ait zaman serilerine Şekil 54’te yer verilmiştir.



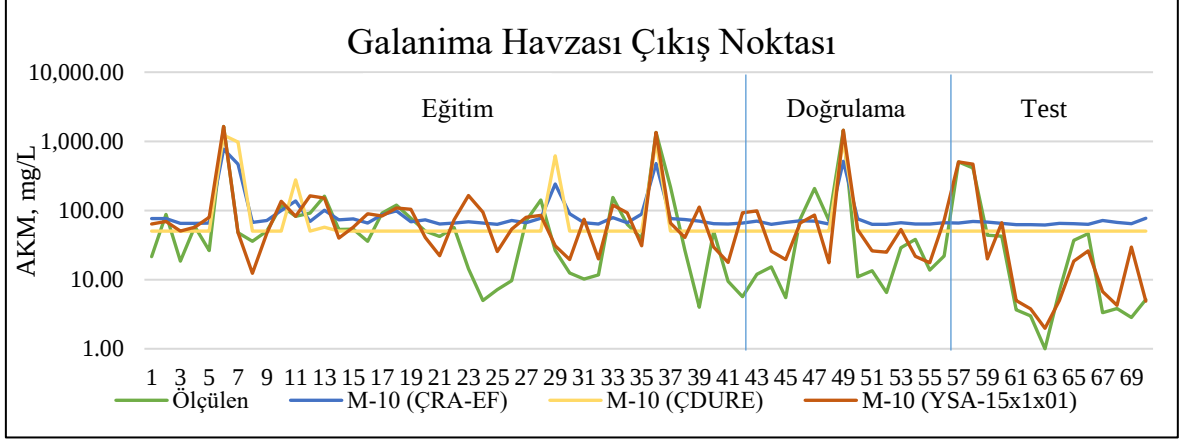
Şekil 54. Yomra Havzası’nda ÇDURE ile gerçekleştirilen memba istasyonu AKM (mg/L) tahmin modeline ait zaman serisi

Yomra Havzası’nda YSA yöntemi ile Y1 memba AKM gözlem istasyonuna ait AKM (mg/L) mansap AKM gözlem istasyonlarına ait AKM (mg/L) değişken olarak kullanıldığı tahmin modelleri ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Kurulan tahmin modellerine ait performans istatistikleri Ek Tablo 9’da sunulmuştur. Kurulan modeller eğitim, doğrulama ve test aşamalarında çok iyi performans istatistikleri göstermemiştir. ÇRA ve ÇDURE yöntemlerinden daha başarılı tahmin sonuçları elde etmişlerdir. M-9 modeli kurulan modeller arasında en başarılı model olmuştur. Eğitim, doğrulama ve test aşamalarında performans istatistiklerine göre kullanılabilir tahmin sonuçları elde etmeyi başarmıştır. Tahmin sonuçları ile gözlenen değerlere ait zaman serisine Şekil 55’te yer verilmiştir.



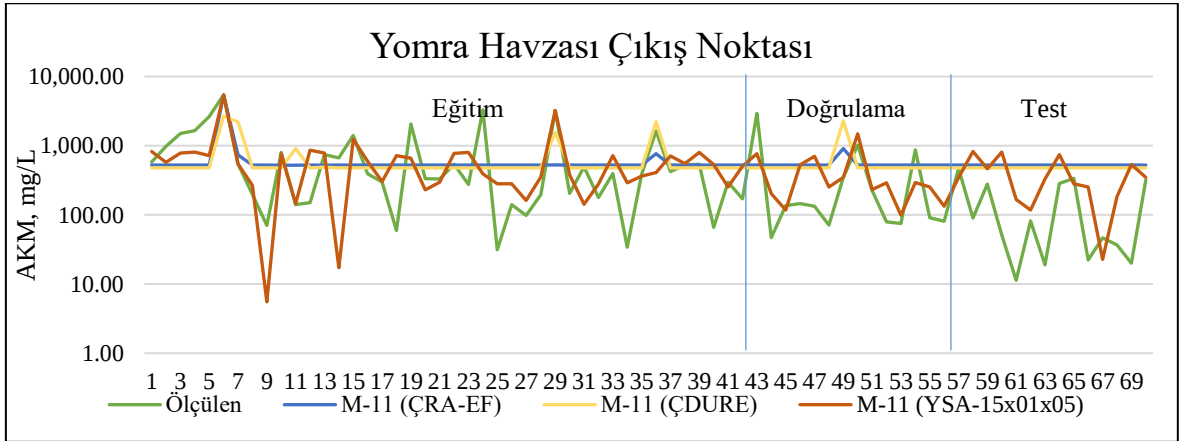
Şekil 55. Yomra Havzası'nda YSA ile gerçekleştirilen memba istasyonu AKM (mg/L) tahmin modeline ait zaman serisi

M-10 tahmin modeli ile Galanima Havzası çıkış noktasında bulunan sahil AKM gözlem istasyonuna ait AKM (mg/L) Havza'nın doğu komşuluğunda bulunan Değirmendere Havzası çıkış noktasında bulunan sahil AKM gözlem istasyonu verileri ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Tahmin modelinde üç ayrı yöntem kullanılmıştır. Tahmin sonuçlarına ait performans istatistikleri Ek Tablo 7, 8 ve 9'da verilmiştir. Performans istatistiklerine göre ÇRA ile gerçekleştirilen tahminde eğitim ve doğrulama aşamalarında başarılı sayılabilecek sonuçlar elde edilirken, test aşamasında başarısız sonuçlar elde edilmiştir. ÇDURE yöntemi ile gerçekleştirilen tahmin modellerinde eğitim ve doğrulama aşamalarında başarılı sayılabilecek sonuçlar elde edilirken test aşamasına ait performans değerleri yöntemin başarısız sonuçlara ulaşmasına neden olmuştur. YSA yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen tahmin modelinde ise eğitim, doğrulama ve test aşamalarına ait performans istatistikleri dikkate alındığında YSA yönteminin başarılı tahmin sonuçları elde ettiği anlaşılmıştır. Farklı yöntemler ile elde edilen tahmin sonuçlarının gözlenen değerler ile zaman serileri Şekil 56'da sunulmuştur.



Şekil 56. G4 AKM gözlem istasyonu AKM (mg/L) tahmin modeline ait zaman serisi

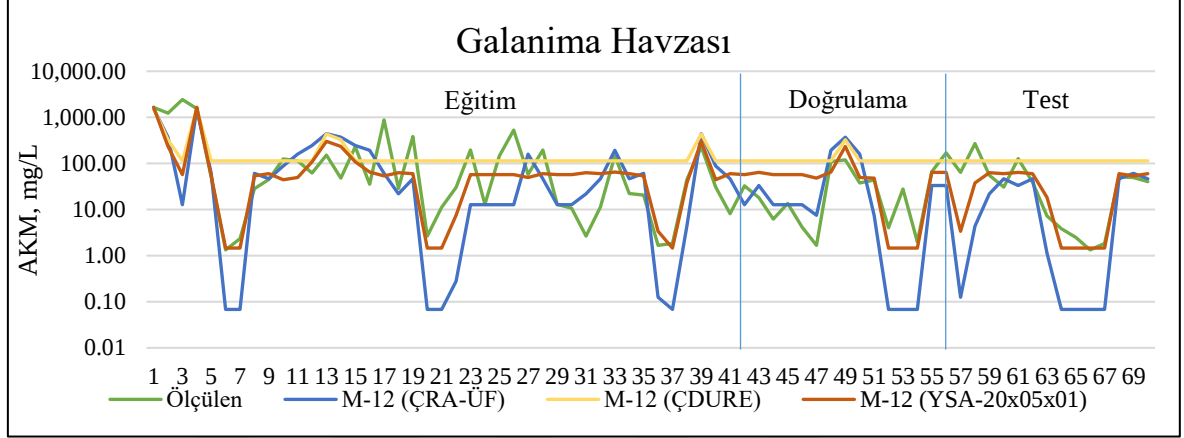
M-11 tahmin modelinde ise Yomra Havzası çıkış noktasında bulunan sahil AKM gözlem istasyonuna ait AKM (mg/L) Havza'nın batı komşuluğunda bulunan Değirmendere Havzası çıkış noktasında bulunan sahil AKM gözlem istasyonuna ait konsantrasyon verileri ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu tahmin modelinde de üç ayrı tahmin yöntemine yer verilmiştir. Tahmin sonuçlarına ait performans istatistiklerini içeren tablo Ek Tablo 7, 8 ve 9'da verilmiştir. ÇRA, ÇDURE ve YSA yöntemleri ile gerçekleştirilen tahminlerde eğitim, doğrulama ve test aşamalarında başarısız tahmin sonuçları elde edilmiştir. Farklı tahmin yöntemleri ile elde edilen tahmin sonuçlarının gözlenen değerler ile zaman serileri Şekil 57'de sunulmuştur.



Şekil 57. Y4 AKM gözlem istasyonu AKM (mg/L) tahmin modeline ait zaman serisi

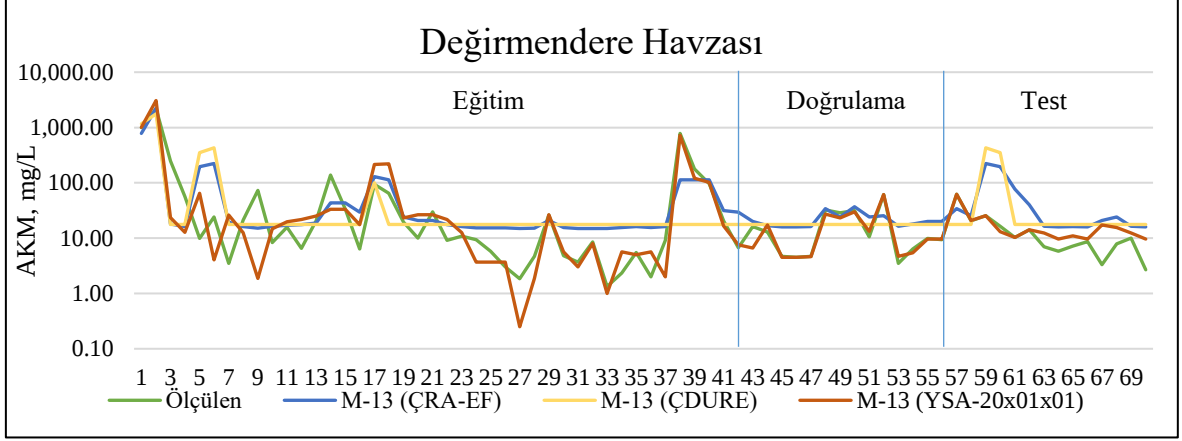
M-12 ile Galanima Havzası'nda bulunan AGİ'de belirlenen Q değerleri ile bu AKM gözlem istasyonuna ait AKM (mg/L) tahmin edilmeye çalışılmıştır. Üç ayrı yöntem ile gerçekleştirilen tahmin modellerine ait performans istatistikleri Ek Tablo 7,8 ve 9'da

verilmiştir. Performans istatistiklerine göre ÇRA, ÇDURE ve YSA ile kurulan tahmin modellerinin AGİ'deki AKM (mg/L) belirlemede başarısız kaldığı anlaşılmıştır. Farklı yöntemlere ait tahmin sonuçları ile gözlenen değerlerin zaman serilerine Şekil 58'de yer verilmiştir.



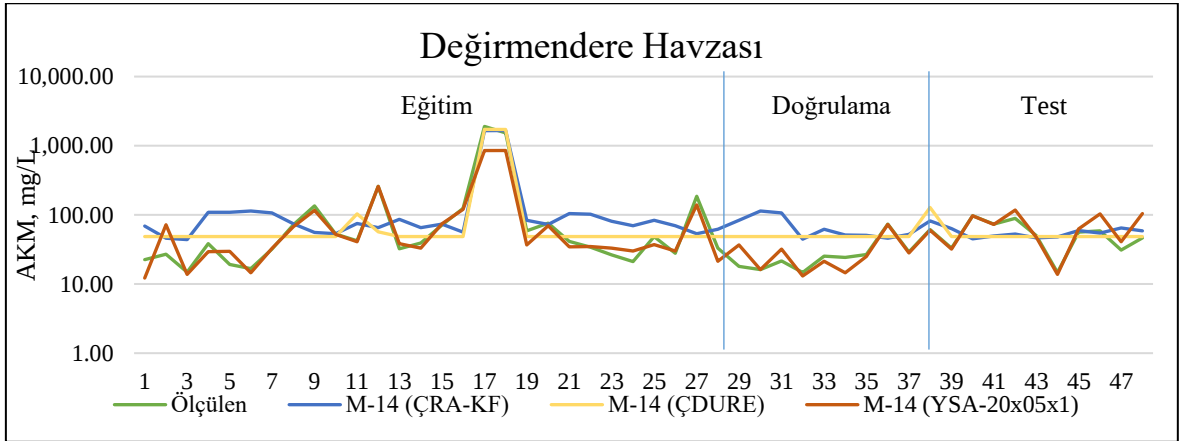
Şekil 58. G2 AKM gözlem istasyonu Q-AKM (mg/L) tahmin modeline ait zaman serisi

Değirmendere Havzası'ndaki AGİ'de belirlenen Q değerleri kullanılarak M-13 tahmin modeli ile bu istasyona ait AKM (mg/L) tahmin edilmeye çalışılmıştır. Üç farklı tahmin yöntemi ile gerçekleştirilen tahminlere ait performans istatistikleri Ek Tablo 7, 8 ve 9'da verilmiştir. ÇRA ve ÇDURE yöntemleri ile gerçekleştirilen tahminler eğitim aşamasında iyi tahmin sonuçları verirken aynı başarıyı doğrulama ve test aşamalarında gösterememişlerdir. Performans istatistiklerinden YSA yöntemi ile gerçekleştirilen tahminlerde Değirmendere AGİ'de Q değerleri ile AKM (mg/L) başarılı bir şekilde tahmin edilebildiği anlaşılmıştır. Yöntemlerin tahmin ettikleri AKM (mg/L) ile gözlenen değerler zaman serileri halinde Şekil 59'da verilmiştir.



Şekil 59. D1 AKM gözlem istasyonu Q-AKM (mg/L) tahmin modeline ait zaman serisi

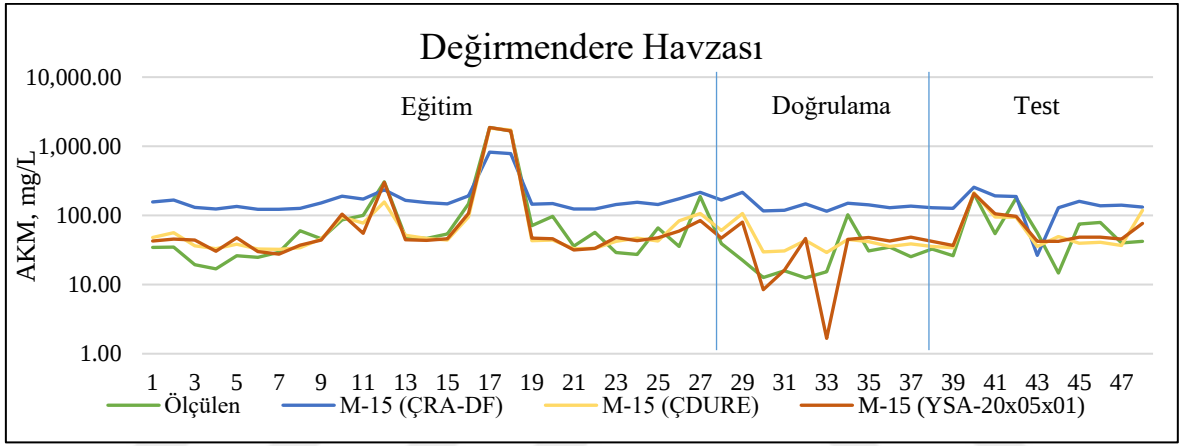
M-14 tahmin modelinde Değirmendere Havzası'nda gün ortasında D3 AKM gözlem istasyonunda belirlenen AKM (mg/L) aracılığıyla gün doğumu AKM (mg/L) tahminine yönelik bir araştırma yapılmıştır. Üç farklı tahmin yönteminden faydalanılarak gerçekleştirilen tahminlere ait performans istatistikleri Ek Tablo 7, 8 ve 9'da sunulmuştur. ÇRA ve ÇDURE yöntemleri ile gerçekleştirilen tahminlerde eğitim aşamasında iyi tahmin sonuçları gözlenirken doğrulama ve test aşamalarında aynı başarı devam ettirilememiştir. YSA yöntemi ile gerçekleştirilen tahminlerde ise gün ortası verilerinden gün doğumu AKM (mg/L) başarılı bir şekilde tahmin edilebildiği anlaşılmıştır. Yöntemlerin tahmin ettikleri AKM (mg/L) ile gözlenen değerler zaman serileri halinde Şekil 60'ta verilmiştir.



Şekil 60. D3 AKM gözlem istasyonu gün doğumu AKM (mg/L) tahmin modellerine ait zaman serisi

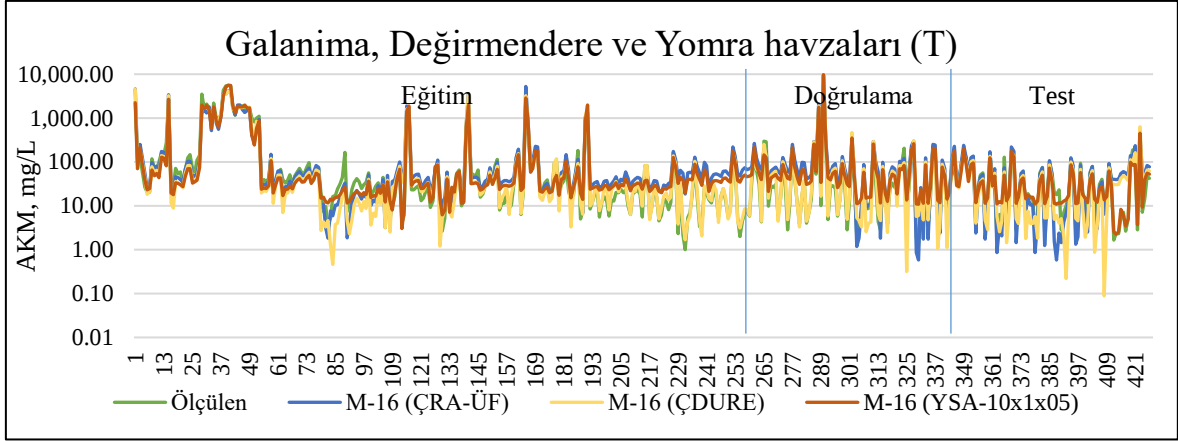
M-15 tahmin modelinde Değirmendere Havzası'nda D4 AKM gözlem istasyonunda gün ortası AKM (mg/L) verilerinden gün doğumu AKM (mg/L) tahmini gerçekleştirilmiştir.

Üç farklı tahmin yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen tahminlere ait performans istatistikleri Ek Tablo 7, 8 ve 9’da sunulmuştur. Bu modelde de M-14 modelinde olduğu gibi ÇRA ve ÇDURE yöntemleri ile gerçekleştirilen tahminlerde eğitim aşamasında iyi tahmin sonuçları gözlenirken doğrulama ve test aşamalarında aynı başarı sürdürülememiştir. YSA yöntemi ile gerçekleştirilen tahminlerde ise D4 AKM gözlem istasyonunda gün ortası verilerinden gün doğumu AKM (mg/L) başarılı bir şekilde tahmin edilebildiği anlaşılmıştır. Yöntemlerin tahmin ettikleri AKM (mg/L) ile gözlenen değerler zaman serileri halinde Şekil 61’de verilmiştir.



Şekil 61. D4 AKM gözlem istasyonu gün doğumu AKM (mg/L) tahmin modellerine ait zaman serisi

M-16 tahmin modelinde bütün AKM gözlem istasyonlarında belirlenen T verilerinden faydalanılarak AKM (mg/L) tahmin edilmiştir. Bu modelde de üç farklı tahmin yönteminden faydalanılmıştır. Gerçekleştirilen tahminlere ait performans istatistikleri Ek Tablo 7, 8 ve 9’da sunulmuştur. Performans istatistikleri dikkate alındığında ÇRA yöntemi ile başarılı sayılabilecek tahmin sonuçları ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. ÇDURE yöntemi eğitim aşamasında oldukça başarılı tahmin sonuçları sunarken, doğrulama ve test aşamalarında aynı başarıyı sürdüremediği anlaşılmıştır. YSA yöntemi ile de AKM (mg/L) başarılı bir şekilde tahmin edilmiştir. YSA yöntemi, ÇRA yöntemine kıyasla daha başarılı sonuçlar elde etmiştir. Tahmin sonuçları ile gözlenen AKM (mg/L) zaman serileri Şekil 62’de sunulmuştur.



Şekil 62. T-AKM (mg/L) tahmin modeline ait zaman serisi

4. İRDELEME

4.1. Arazi ve Laboratuvar Çalışmalarından Elde Edilen Bulguların İrdelenmesi

4.1.1. Askıda Katı Madde Konsantrasyonunun Akarsularda Yıllık ve Mevsimsel Değişimi

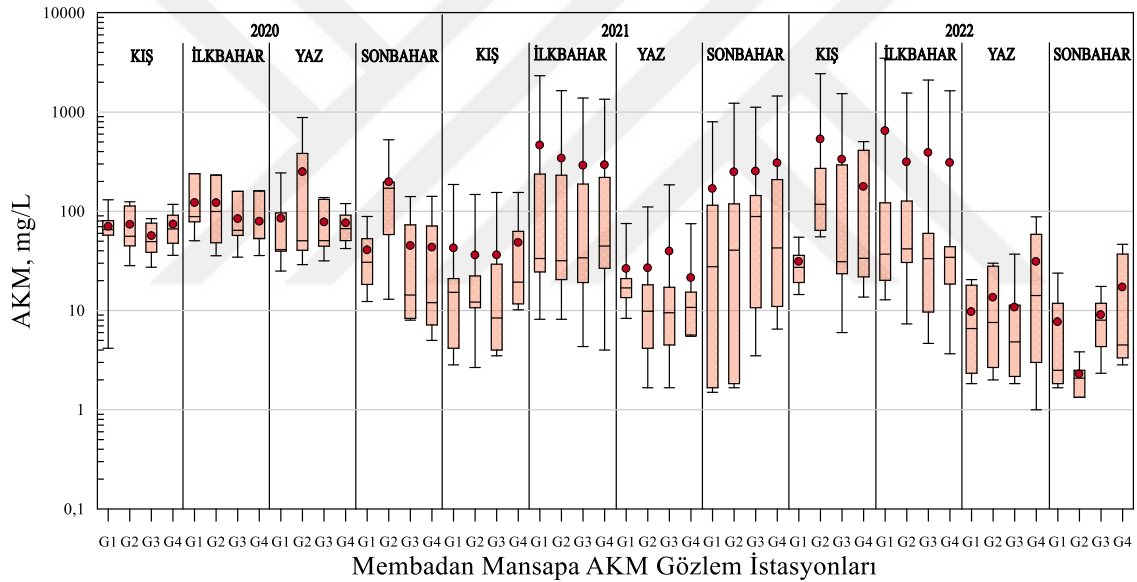
4.1.1.1. Galanima Havzası

Şekil 63'te gözlem süresi boyunca belirlenen AKM (mg/L) ilgili havzalarda değişimini daha iyi anlayabilmek adına kutu grafiklerine yer verilmiştir. Sunulan Galanima Havzası AKM (mg/L) ait kutu grafiği ile AKM taşınımının en yüksek olduğu yağışlı geçen mevsimler rahatlıkla tespit edilebilmektedir. Havza özelinde membadan mansaba doğru gerçekleştirilen örneklemeler ile G2 AKM gözlem istasyonuna ait (mg/L) G1 AKM gözlem istasyonunununkinden yüksek olduğu, konsantrasyonların daha geniş aralıkta saçılım gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu durumun iki AKM gözlem istasyonu arasında bulunan Trabzon Büyükşehir Belediyesi'ne ait taş kırma ve eleme tesisinin akarsuya etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. G3 AKM gözlem istasyonunda belirlenen konsantrasyonlar ise genellikle G2 AKM gözlem istasyonunununkinden daha düşük değerlere sahiptir. Ancak akarsu kesitinde zaman zaman gerçekleştirilen tarama ve düzeltme çalışmalarının etkisiyle G3 AKM gözlem istasyonundan G2 AKM gözlem istasyonundan daha yüksek AKM (mg/L) olduğu durumlar da belirlenmiştir. G4 AKM gözlem istasyonunda belirlenen AKM (mg/L) genellikle G3 AKM gözlem istasyonu ile yaklaşık değerlere sahip olsa da havza faaliyetlerinin yoğun olduğu ve akarsu kesitinde çalışma yürütüldüğü zaman dilimlerinde daha yüksek konsantrasyonlara ulaşmıştır. Ayrıca akarsu kesitinin genişlemesi ve yatak eğiminin düşmesi sonucunda G4 AKM gözlem istasyonunda belirlenen konsantrasyonların daha düşük olduğu çalışma dönemleri de olmuştur.

G1 ve G2 AKM gözlem istasyonları arasında bulunan konkasör tesisinin AKM (mg/L) % 9,781'i bulan oranlarda arttırdığı anlaşılmıştır. G2 AKM gözlem istasyonundan G3 AKM gözlem istasyonuna doğru yerleşim yerlerinin artması AKM (mg/L) % 787'yi bulan artışlara neden olsa da genel olarak akarsu kesitinin genişlemesi ve yatak eğiminin düşmesi sebebiyle % 98 oranda azalma meydana gelmiştir. Benzer şekilde G3 AKM gözlem istasyonundan G4

AKM gözlem istasyonuna doğru yerleşim yerlerinin ve sanayi tesislerinin artması AKM (mg/L) % 676'yı bulan artışlara neden olmuştur, ancak yine de akarsu kesitinin genişlemesi ve yatak eğiminin düşmesi sebebiyle % 92'yi bulan oranda azalmalar meydana gelmiştir. İlkbahar yağışlarının AKM (mg/L) artışa neden olduğu anlaşılmıştır. Membadan mansaba doğru özellikle G2 AKM gözlem istasyonunda AKM (mg/L) aşırı derecede yükselmiştir. G3 AKM gözlem istasyonunda tespit edilen AKM (mg/L), G2 AKM gözlem istasyonununkinden daha düşük olduğu, G4 AKM gözlem istasyonundaki AKM (mg/L) ise G3 AKM gözlem istasyonu ile benzer değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Şekil 63'te Galanima Havzası'nda membadan mansaba doğru konumlandırılan AKM gözlem istasyonlarında belirlenen AKM (mg/L) gözlem yılları süresince mevsimsel ortalama AKM (mg/L) yer verilmiştir.



Şekil 63. Galanima Havzası AKM (mg/L)'nin yıllara göre membadan mansaba doğru mevsimsel değişimine ait kutu grafiği

2020, 2021 ve 2022 gözlem yıllarında gözlem istasyonlarından elde edilen ortalama AKM (mg/L) Tablo 17'de verilmiştir. Tabloda verilen AKM (mg/L) yorumlandığında G1 AKM gözlem istasyonunda 2021 yılı verilerinin 2020 yılı verilerine kıyasla % 120 artış gösterdiği, 2022 verilerinin ise 2021 yılı verilerine göre % 1 azalış gösterdiği anlaşılmıştır. G2 AKM gözlem istasyonu 2021 yılı verilerinin 2020 yılı verilerine oranla % 1, 2022 verilerinin 2021 yılı verilerine kıyasla % 31 artış gösterdiği belirlenmiştir. G3 AKM gözlem istasyonu 2021 yılı verilerinin 2020 yılı verilerine göre % 134, 2022 verilerinin 2021 yılı

verilerine göre % 20 artış olduğu belirlenmiştir. G4 AKM gözlem istasyonunda ise 2021 yılında 2020 yılına göre % 145 artış, 2022 yılında 2021 yılına göre % 20 azalış olduğu açığa çıkarılmıştır.

Tablo 17’de Havza’da gözlem süresi boyunca ortalama AKM (mg/L) G1 AKM gözlem istasyonunda 136.90 mg/L, G2 AKM gözlem istasyonunda 172.45 mg/L, G3 AKM gözlem istasyonunda 129.90 mg/L ve G4 AKM gözlem istasyonunda ise 117.90 mg/L olarak belirlenmiştir. Membadan mansaba doğru elde edilen konsantrasyonlar irdelendiğinde G2 AKM gözlem istasyonuna ait veriler G1 AKM gözlem istasyonuna kıyasla yaklaşık olarak % 25 artış göstermiştir. G3 AKM gözlem istasyonuna ait veriler G2 AKM gözlem istasyonuna kıyasla yaklaşık olarak % 25 azalma göstermiştir. Benzer şekilde G4 AKM gözlem istasyonuna ait konsantrasyon değerleri G3 AKM gözlem istasyonuna kıyasla yaklaşık olarak % 9 azalmıştır.

Tablo 17. Gözlem yılları boyunca Galanima Havzası gözlem istasyonlarında belirlenen ortalama AKM konsantrasyonları (mg/L)

Gözlem Yılı	G1	G2	G3	G4
2020	76.07	153.93	63.09	65.27
2021	168.07	156.70	148.25	160.52
2022	166.54	206.61	178.28	127.97
Ortalama	136.90	172.42	129.90	117.92

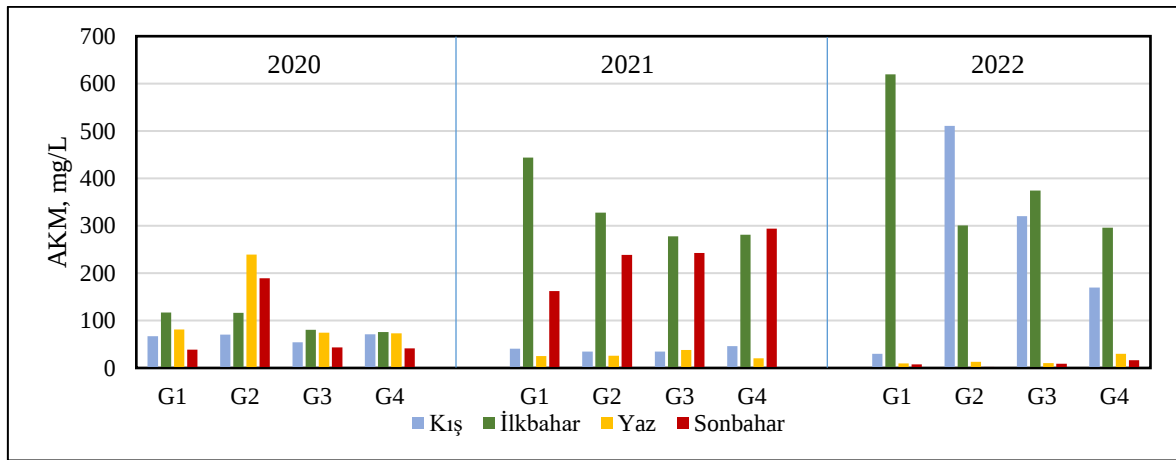
G2 AKM gözlem istasyonunda meydana gelen % 25’lik konsantrasyon artışının istasyon öncesinde bulunan taş kırma ve eleme tesisleri faaliyetleri sonucunda meydana geldiği düşünülmektedir. Havzanın alt kesimlerinde akarsu yatağının genişlemesi ve eğimin düşmesi sebebiyle AKM (mg/L) azalma olduğu belirlenmiştir.

2016 ilkbahar - 2019 yaz mevsimleri tarihlerini kapsayan dönemde Erdoğan (2019) tarafından Galanima Akarsuyu’nda Şinik AGİ’de su kalitesi parametrelerinin takibi gerçekleştirilmiştir. İlgili dönemde AGİ’de ortalama AKM konsantrasyonu 65.77 mg/L olarak belirlenmiştir. Ortalama bu değer Tablo 17’te verilen 2020, 2021 ve 2022 ortalama konsantrasyonlarının oldukça altında olduğu anlaşılmıştır.

Galanima Havzası’nda gözlem süresi boyunca ortalama AKM (mg/L) kış mevsiminde 120.80 mg/L, ilkbahar mevsiminde 275.90 mg/L, yaz mevsiminde 53.30 mg/L ve sonbahar mevsiminde 107.10 mg/L olarak belirlenmiştir. Havza’da en yüksek taşınımların sırasıyla

ilkbahar, kış, sonbahar ve yaz mevsimlerinde gerçekleştiği anlaşılmıştır. Ortalama AKM (mg/L) dikkate alındığı zaman ilkbahar mevsiminde kış mevsimine kıyasla % 128 artış, yaz mevsiminde ilkbahar mevsimine kıyasla % 80 azalış, sonbahar mevsiminde ise yaz mevsimine kıyasla yaklaşık % 100 artış olduğu gözlenmiştir.

Şekil 64'te 2020 yılı yaz mevsimi AKM (mg/L) değerlerinin diğer yılların yaz mevsimi konsantrasyonlarından yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun, 2020 yılı yaz mevsimi debilerinin diğer yıllardan yüksek olması sebebiyle daha fazla AKM taşınımına sebep olması ile ilişkili olduğu değerlendirilmiştir.



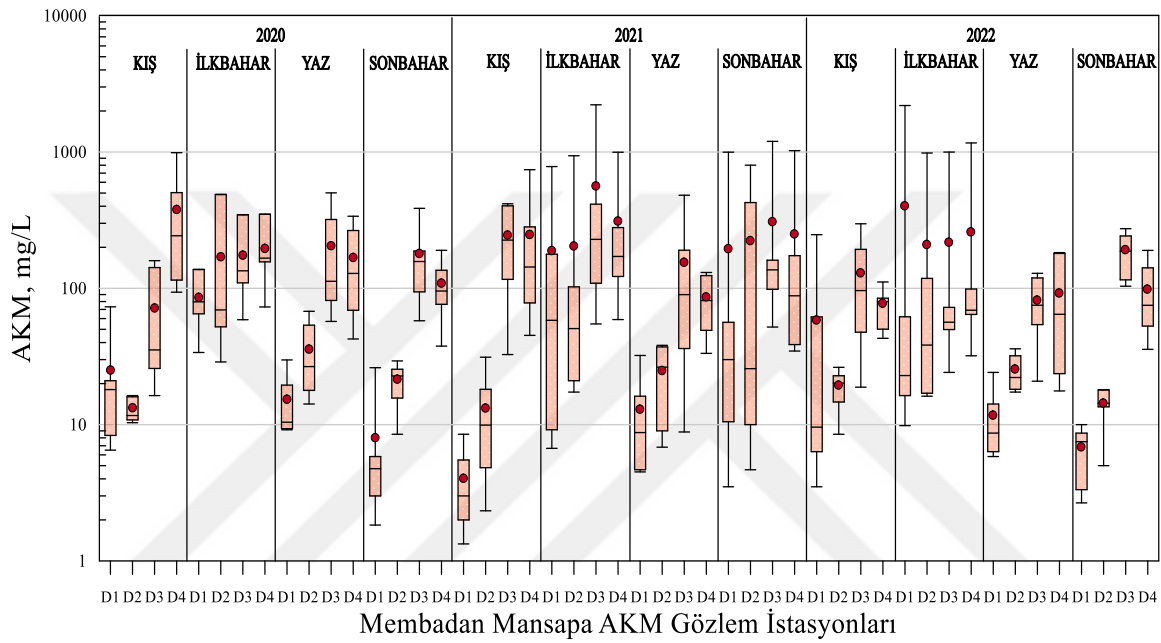
Şekil 64. Galanima Havzası ortalama AKM (mg/L)'nin yıllara göre membadan mansaba doğru mevsimsel değişimi

Galanima Havzası'nda gözlem yılları boyunca ortalama AKM (mg/L) incelendiğinde, 2020 yılında 89.60 mg/L, 2021 yılında ise 158.40 mg/L ve 2022 yılında ise 169.85 mg/L olarak tespit edilmiştir. 2021 yılı ortalama AKM (mg/L) 2020 yılına göre yaklaşık olarak % 75, 2022 konsantrasyonları ise 2021 yılına göre yaklaşık olarak % 7 artış gösterdiği belirlenmiştir.

4.1.1.2. Değirmendere Havzası

Şekil 65'te Değirmendere Havzası'nda membadan mansaba doğru konumlandırılan AKM gözlem istasyonlarında belirlenen AKM (mg/L) gözlem yılları süresince mevsimsel ortalama AKM (mg/L) değerlerine yer verilmiştir. Tablo 18'de Havza'da gözlem süresi boyunca ortalama AKM (mg/L) D1 AKM gözlem istasyonunda 81.48 mg/L, D2 AKM gözlem istasyonunda 78.34 mg/L, D3 AKM gözlem istasyonunda 202.73 mg/L ve D4 AKM

gözlem istasyonunda ise 182.69 mg/L olarak belirlenmiştir. Membadan mansaba doğru elde edilen konsantrasyonlar irdelendiğinde D2 AKM gözlem istasyonuna ait veriler D1 AKM gözlem istasyonuna kıyasla yaklaşık olarak % 3 azalış göstermiştir. D3 AKM gözlem istasyonuna ait veriler D2 AKM gözlem istasyonuna kıyasla yaklaşık olarak % 158 artış göstermiştir. D4 AKM gözlem istasyonuna ait konsantrasyon değerleri D3 AKM gözlem istasyonuna kıyasla yaklaşık olarak % 9 azalmıştır.



Şekil 65. Değirmendere Havzası AKM (mg/L)'nin yıllara göre membadan mansaba doğru mevsimsel değişimine ait kutu grafiği

Tablo 18. Gözlem yılları boyunca Değirmendere Havzası gözlem istasyonlarında belirlenen ortalama AKM konsantrasyonları (mg/L)

Gözlem Yılı	D1	D2	D3	D4
2014 (Satılmış, 2015)	69.63	96.37	-	329.11
2020	32.33	58.00	152.14	205.14
2021	96.61	112.25	306.42	215.81
2022	115.51	64.79	149.62	127.12
Ortalama	81.48	78.34	202.73	182.69

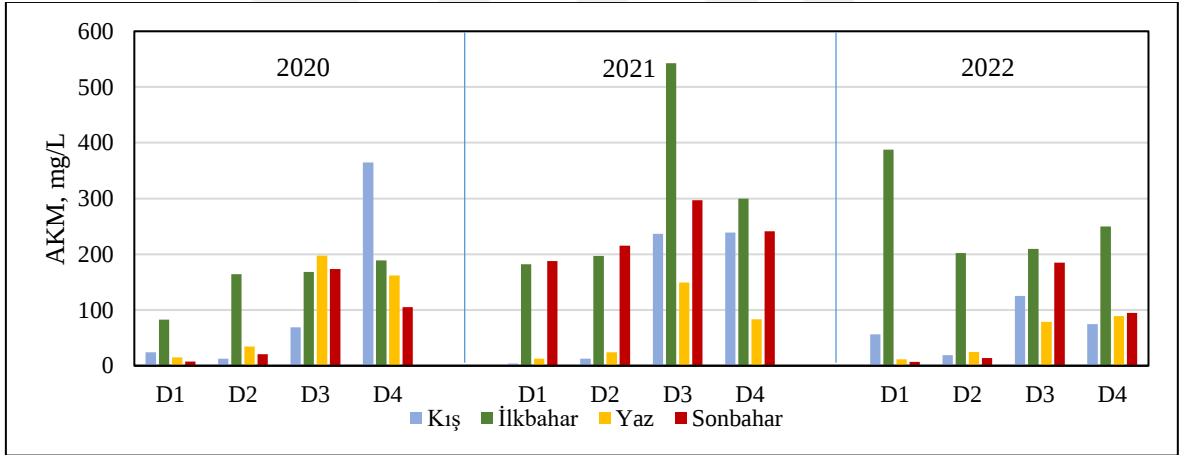
Şekil 65'te sunulan Değirmendere Havzası AKM (mg/L) ait kutu grafiği ile AKM taşınımının yüksek olduğu mevsimler ve yağışlı dönemler rahatlıkla tespit edilebilmektedir.

Membadan mansaba doğru kurgulanan arazi çalışmalarından elde edilen AKM (mg/L) yorumlanacak olursa D2 AKM gözlem istasyonuna ait konsantrasyonlar genellikle D1 AKM gözlem istasyonunununkinden yüksek olduğu anlaşılmıştır. Ancak 2020 kış, 2021 ilkbahar, 2022 kış ve 2022 ilkbahar mevsimlerindeki AKM (mg/L) D1 AKM gözlem istasyonunununkinden daha düşük değerlere sahiptir. Bu durumun sebebinin, D2 AKM gözlem istasyonu öncesinde Değirmendere Akarsuyu'na katılan Galyan Deresi kolunun etkisinin olduğu düşünülmektedir. Yağışlı zaman dilimlerinde Galyan Deresi üzerinde kurulu olan Atasu Barajı'nın etkisiyle sedimentin tutulması sebebiyle, baraj sonrasında sediment yükünden arındırılmış olan akarsuyun Değirmendere'ye birleşmesi sonucunda anakolun sediment konsantrasyonunun düşme eğiliminde olduğu anlaşılmıştır. D3 AKM gözlem istasyonuna ait konsantrasyonlar D2 AKM gözlem istasyonunununkinden yüksek değerlere sahiptir. Bu durumun, havzada istasyonlar arasında bulunan sanayi ve üretim tesislerinin akarsuya etkisiyle olduğu düşünülmektedir. Akarsu kesitinin genişlemesi ve taban eğiminin azalması sebebiyle, D4 AKM gözlem istasyonuna ait konsantrasyonlarda, D3 AKM gözlem istasyonuna kıyasla azalma belirlenmiştir. Ancak havza faaliyetlerinin yoğun olduğu ve akarsu kesitinde çalışma yürütüldüğü zaman dilimlerinde D4 AKM gözlem istasyonu AKM (mg/L) D3 AKM gözlem istasyonuna kıyasla artış olduğu da belirlenmiştir.

D1 ve D2 AKM gözlem istasyonları arasında genel olarak AKM (mg/L) değerlerinde % 696 artış gözlenirken, yağışlı dönemlerde Galyan Deresi'nin etkisiyle D2 AKM gözlem istasyonuna ait AKM (mg/L) % 90'a varan azalma görülmüştür. Bu durumun yoğun AKM taşınımı gerçekleşen yağışlı dönemlerde Galyan Deresi üzerinde bulunan Atasu Barajı rezervuarının katı madde yükünü tutmasından kaynaklandığı ve Değirmendere'ye katılımıyla anakolun AKM (mg/L) azaltıcı yönde etkiler yarattığı düşünülmektedir. D2 AKM gözlem istasyonundan D3 AKM gözlem istasyonuna doğru yerleşim yerlerinin ve üretim tesislerinin artması ile AKM (mg/L) değerlerinde %10,292'lik bir artış tespit edilmiştir. D3 AKM gözlem istasyonundan D4 AKM gözlem istasyonuna doğru yerleşim yerlerinin yoğunlaşmasının yanı sıra sanayi tesislerinin de artması sonucunda ile AKM (mg/L) değerlerinde % 2,983'ü bulan artışlar gözlenirse de genel olarak akarsu kesitinin genişlemesi ve taban eğiminin azalması nedenleriyle % 90'a varan oranda azalma olduğu belirlenmiştir. AKM (mg/L) değerlerinde ilkbahar yağışları ile artış olduğu anlaşılmıştır. İlkbahar mevsiminde hem havaların ısınması hem de ilkbahar yağışlarının fazla olması havzada AKM taşınımını arttırıcı yönde etkiler yaratmıştır. D3 AKM gözlem istasyonunda meydana gelen % 158'lik konsantrasyon artışının istasyon öncesinde bulunan sanayi ve

üretim tesisleri faaliyetleri sonucunda meydana geldiği düşünülmektedir. Havzanın alt kesimlerinde akarsu yatağının genişlemesi ve eğimin düşmesi sebebiyle D4 AKM gözlem istasyonunda AKM (mg/L) azalma olduğu belirlenmiştir.

2020, 2021 ve 2022 gözlem yıllarında AKM gözlem istasyonlarından elde edilen ortalama AKM (mg/L) Tablo 18’de verilmiş, mevsimlere göre değişimi ise Şekil 66’da gösterilmiştir. Tabloda verilen AKM (mg/L) yorumlandığında D1 AKM gözlem istasyonunda 2021 yılı verilerinin 2020 yılı verilerine kıyasla % 199, 2022 verilerinin ise 2021 yılı verilerine göre % 20 artış gösterdiği anlaşılmıştır. D2 AKM gözlem istasyonu 2021 yılı verilerinin 2020 yılı verilerine oranla % 94 artış, 2022 verilerinin 2021 yılı verilerine kıyasla % 42 azalış gösterdiği belirlenmiştir. D3 AKM gözlem istasyonu 2021 yılı verilerinin 2020 yılı verilerine göre % 101 artma, 2022 verilerinin 2021 yılı verilerine göre % 51 azalma olduğu belirlenmiştir. D4 AKM gözlem istasyonunda ise 2021 yılında 2020 yılına göre % 5 artış, 2022 yılında 2021 yılına göre % 41 azalış olduğu açığa çıkarılmıştır.



Şekil 66. Değirmendere Havzası ortalama AKM (mg/L)’nin yıllara göre mevsimlere göre mansaba doğru mevsimsel değişimi

Değirmendere Havzası’nda gözlem süresi boyunca ortalama AKM (mg/L) kış mevsiminde 103.14 mg/L, ilkbahar mevsiminde 239.54 mg/L, yaz mevsiminde 73.49 mg/L ve sonbahar mevsiminde 129.05 mg/L olarak belirlenmiştir. Havza’da en yüksek taşınımların sırasıyla ilkbahar, sonbahar, kış ve yaz mevsimlerinde gerçekleştiği anlaşılmıştır. Ortalama AKM (mg/L) dikkate alındığı zaman ilkbahar mevsiminde kış mevsimine kıyasla % 132’lik artış, yaz mevsiminde ilkbahar mevsimine kıyasla % 69’luk azalış, sonbahar mevsiminde ise yaz mevsimine kıyasla yaklaşık % 129’luk artış olduğu belirlenmiştir.

Değirmendere Havzası ortalama AKM (mg/L), 2020 yılında 111.90 mg/L, 2021 yılında ise 182.77 mg/L ve 2022 yılında ise 114.25 mg/L olarak tespit edilmiştir. 2021 yılı ortalama AKM (mg/L) 2020 yılına göre yaklaşık olarak % 63 artış, 2022 yılı konsantrasyonlarında 2021 yılına göre yaklaşık olarak % 37 azalma olduğu belirlenmiştir.

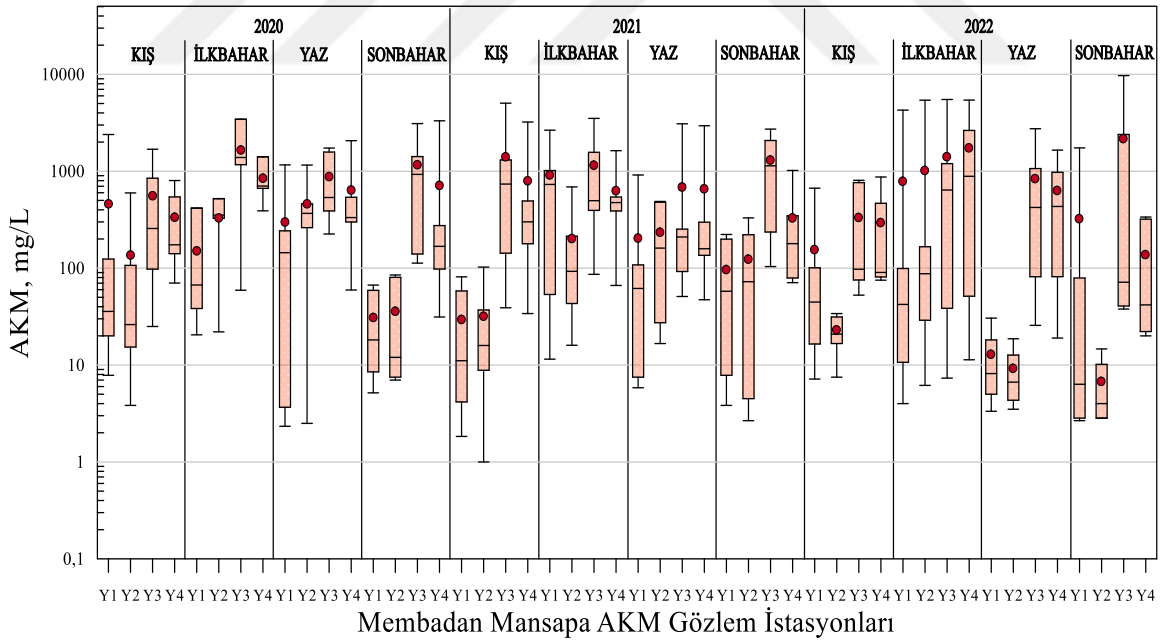
Şekil 66'da 2020 yılı yaz mevsimi AKM (mg/L) değerlerinin diğer yılların yaz mevsimi konsantrasyonlarından yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun, 2020 yılı yaz mevsimi debilerinin diğer yıllardan yüksek olması sebebiyle daha fazla AKM taşınımına sebep olması ile ilişkili olduğu değerlendirilmiştir.

Havza özelinde 2014 yılında Satılmış (2015) tarafından D1, D2 ve D4 AKM gözlem istasyonlarında AKM (mg/L) takibi sonucunda belirlenen AKM (mg/L) sonuçları güncel konsantrasyonlar ile de karşılaştırılacaktır. Satılmış (2015) çalışması süresinde D1, D2 ve D4 AKM gözlem istasyonlarında ortalama AKM konsantrasyonları Tablo 18'de sunulmuştur. 2020 yılı AKM konsantrasyonlarının 2014 yılına kıyasla düşüş gösterdiği, 2021 yılı konsantrasyonlarının memba istasyonlarında artış gösterirken mansap istasyonunda düşüş gösterdiği ve 2022 yılı konsantrasyonlarının membada bulunan ilk istasyonda artış gösterirken diğer istasyonlarda düşüş gösterdiği anlaşılmıştır. D4 AKM gözlem istasyonunda belirlenen konsantrasyonların 2014 yılına kıyasla düşüş eğiliminde olduğu da belirlenmiştir.

4.1.1.3. Yomra Havzası

Şekil 67'de Yomra Akarsuyu Havzası'nda belirlenen AKM gözlem istasyonlarına ait AKM (mg/L) kutu grafiği sunulmaktadır. İlgili grafiğe göre Y1 ve Y2 AKM gözlem istasyonlarına ait konsantrasyonların düzenli bir dağılıma sahip olmadığı anlaşılmış, bazen konsantrasyonların yakın değerler aldığı, kimi zaman Y1 AKM gözlem istasyonuna ait konsantrasyonların yüksek olduğu, kimi zaman da Y2 AKM gözlem istasyonuna ait konsantrasyonların yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durumun gözlem istasyonları öncesinde havzada devam eden inşaat faaliyetleri, gözlem istasyonları arasında bulunan HES ve tamamen dolarak işlevini yitirmiş olan tersip bendinin etkileriyle olduğu düşünülmektedir. 20.06.2019 tarihinde meydana gelen Taşdelen AGİ'nin de kesit dışında kalmasına sebep olan taşkın ve heyelanın etkilerini gidermek amacıyla istinat duvarı ve karayolu inşaatı çalışmalarının etkileriyle AKM (mg/L) düzensiz değişimler söz konusu olmuş; zaman zaman Y1 ve Y2 AKM gözlem istasyonlarındaki konsantrasyonların

yükselmesine neden olmuştur. İki AKM gözlem istasyonu arasında bulunan ve elektrik üretimi gerçekleştirdiği esnada akarsudan aldığı akarsu suyundaki AKM'yi çökeltim havuzlarında çökeltmesi sonucunda HES'in akarsuya deşarj ettiği dinlenmiş su Y2 AKM gözlem istasyonunda düşük konsantrasyonların belirlenmesine sebep olmuştur. Ayrıca yine iki AKM gözlem istasyonu arasında bulunan tamamen dolu ve işlevini yitirmiş olan tersip bendinin zamanla akımın da etkisiyle rezervuarındaki sedimenti yeniden askıya alınması ise Y2 AKM gözlem istasyonunda yüksek konsantrasyonlar gözlenmesine sebebiyet vermiştir. 2022 yılı içerisinde bu tersip bendinin rezervuarının boşaltılmasına yönelik çalışmalara DSİ tarafından başlanmıştır. Haziran 2022 tarihi itibarıyla rezervuar temizliği tamamlanması ile Y2 AKM gözlem istasyona ait konsantrasyonların Y1 AKM gözlem istasyonundan düşük olduğu da ortaya konmuştur. Y3 AKM gözlem istasyonu Y2 AKM gözlem istasyonuna kıyasla daha yüksek konsantrasyonlara sahiptir. Bu duruma istasyonlar arasında bulunup havzada yoğun faaliyet gösteren tesislerin sebep olduğu anlaşılmıştır. Akarsu kesitinin genişlemesi ve taban eğiminin azalması sebebiyle Y4 AKM gözlem istasyonuna ait konsantrasyonlarda Y3 AKM gözlem istasyonuna kıyasla azalma belirlenmiştir.



Şekil 67. Yomra Havzası AKM (mg/L)'nin yıllara göre membadan mansaba doğru mevsimsel değişimine ait kutu grafiği

Y1 AKM gözlem istasyonu ile Y2 AKM gözlem istasyonu arasında AKM (mg/L) değerlerinde % 19,671'i bulan artışlar ve % 99'a varan azalmalar olduğu anlaşılmıştır. İki istasyon arasında AKM (mg/L) herhangi bir eğilime sahip olmaması HES ve tamamen dolu

olan tersip bendinin etkileriyle olduğu anlaşılmıştır. Y2 AKM gözlem istasyonundan Y3 AKM gözlem istasyonuna doğru yerleşim yerlerinin yoğunlaşması ve üretim tesislerinin artması ile AKM (mg/L) değerlerinde % 122,866'yi bulan artışlar gözlenmiştir. Y3 AKM gözlem istasyonundan Y4 AKM gözlem istasyonuna doğru yerleşim yerlerinin yoğunlaşmasının yanı sıra sanayi tesislerinin de artması sonucunda ile AKM (mg/L) değerlerinde % 871'i bulan artışlar gözlenirse de genel olarak akarsu kesitinin genişlemesi ve yatak eğiminin düşmesi sebebiyle % 97'ye varan oranda azalmalar olduğu anlaşılmıştır. AKM (mg/L) ilkbahar yağışları ile artış olduğu anlaşılmıştır. İlkbahar mevsiminde hem havaların ısınması hem de ilkbahar yağışlarının fazla olması havzada AKM taşınımını arttırıcı yönde etkiler yaratmıştır.

Şekil 68'de Yomra Havzası'nda membadan mansaba doğru konumlandırılan AKM gözlem istasyonlarında belirlenen AKM (mg/L) gözlem yılları süresince mevsimsel ortalama AKM (mg/L) yer verilmiştir. Tablo 19'da Havza'da gözlem süresi boyunca ortalama AKM (mg/L) Y1 AKM gözlem istasyonunda 273.46 mg/L, Y2 AKM gözlem istasyonunda 206.21 mg/L, Y3 AKM gözlem istasyonunda 1,070.69 mg/L ve Y4 AKM gözlem istasyonunda ise 612.16 mg/L olarak belirlenmiştir. Membadan mansaba doğru elde edilen konsantrasyonlar irdelendiğinde Y2 AKM gözlem istasyonuna ait veriler Y1 AKM gözlem istasyonuna kıyasla yaklaşık olarak % 24 azalış göstermiştir. Y3 AKM gözlem istasyonuna ait veriler Y2 AKM gözlem istasyonuna kıyasla yaklaşık olarak % 419 artış göstermiştir. Y4 AKM gözlem istasyonuna ait konsantrasyon değerleri Y3 AKM gözlem istasyonuna kıyasla yaklaşık olarak % 42 azalmıştır.

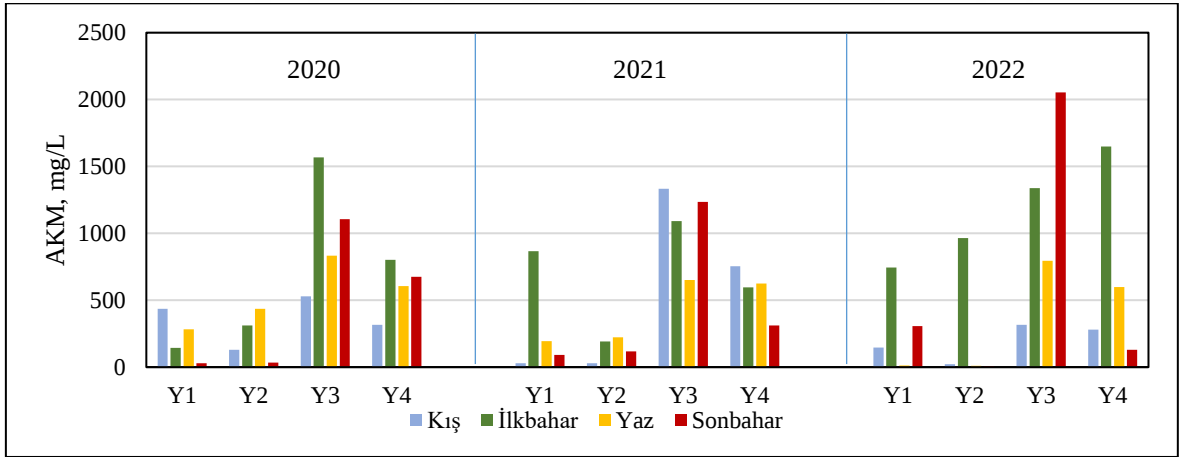
2020, 2021 ve 2022 gözlem yıllarında gözlem istasyonlarından elde edilen ortalama AKM (mg/L) Tablo 19'te verilmiştir. Tabloda verilen AKM (mg/L) yorumlandığında Y1 AKM gözlem istasyonunda 2021 yılı verilerinin 2020 yılı verilerine kıyasla % 32, 2022 verilerinin ise 2021 yılı verilerine göre % 3'lük artış gösterdiği anlaşılmıştır. Y2 AKM gözlem istasyonu 2021 yılı verilerinin 2020 yılı verilerine oranla % 38 azalma, 2022 verilerinin 2021 yılı verilerine kıyasla % 79 azalış gösterdiği belirlenmiştir. Y3 AKM gözlem istasyonu 2021 yılı verilerinin 2020 yılı verilerine göre % 7, 2022 verilerinin 2021 yılı verilerine göre % 4 artış olduğu belirlenmiştir. Y4 AKM gözlem istasyonunda ise 2021 yılında 2020 yılına göre % 5 azalış, 2022 yılında 2021 yılına göre % 16 artış olduğu ortaya konmuştur.

Tablo 19. Gözlem yılları boyunca Yomra Havzası gözlem istasyonlarında belirlenen ortalama AKM konsantrasyonları (mg/L)

Gözlem Yılı	Y1	Y2	Y3	Y4
2020	222.91	227.95	1,008.70	600.07
2021	294.65	140.20	1,078.08	571.76
2022	302.81	250.49	1,125.28	664.64
Ortalama	273.46	206.21	1,070.69	612.16

Y1 ve Y2 AKM gözlem istasyonları arasında bulunan tamamen dolu olan tersip bendi 2022 yılı içerisinde temizlenmiştir. Şekil 67’de kutu grafiği ile verilen konsantrasyonlar dikkate alındığında Y1 AKM gözlem istasyonunda Y2 AKM gözlem istasyonuna kıyasla daha yüksek konsantrasyonlar belirlendiği anlaşılmaktadır. Tersip bendinin dolu olduğu zamanlarda bile AKM (mg/L) düşürücü yönde etkilerde bulunduğu düşünülmektedir.

Y3 AKM gözlem istasyonunda meydana gelen % 419’luk konsantrasyon artışının istasyon öncesinde bulunan sanayi ve üretim tesisleri faaliyetleri sonucunda meydana geldiği düşünülmektedir. Havzanın alt kesimlerinde akarsu yatağının genişlemesi ve eğimin düşmesi sebebiyle Y4 AKM gözlem istasyonunda AKM (mg/L) azalma gözlenmiştir.



Şekil 68. Yomra Havzası AKM (mg/L)’nin yıllara göre membadan mansaba doğru mevsimsel değişimi

Yomra Havzası’nda gözlem süresi boyunca ortalama AKM (mg/L) kış mevsiminde 366.10 mg/L, ilkbahar mevsiminde 855.74 mg/L, yaz mevsiminde 438.52 mg/L ve sonbahar mevsiminde 508.15 mg/L olarak belirlenmiştir. Havza’da en yüksek taşınımların sırasıyla ilkbahar, sonbahar, yaz ve kış mevsimlerinde gerçekleştiği anlaşılmıştır. Ortalama AKM (mg/L) dikkate alındığı zaman ilkbahar mevsiminde kış mevsimine kıyasla % 137’lik artış,

yaz mevsiminde ilkbahar mevsimine kıyasla % 48’lik azalış, sonbahar mevsiminde ise yaz mevsimine kıyasla yaklaşık % 15’lik artış olduğu belirlenmiştir.

Yomra Havzası ortalama AKM (mg/L) incelendiğinde, 2020 yılında 514.91 mg/L, 2021 yılında ise 521.17 mg/L ve 2022 yılında ise 585.80 mg/L olarak tespit edilmiştir. 2021 yılı ortalama AKM (mg/L) 2020 yılına göre yaklaşık olarak % 1, 2022 yılı debilerinde 2021 yılına göre yaklaşık olarak % 12 artış olduğu belirlenmiştir.

4.1.1.4. Havzaların Karşılaştırılması

AKM gözlem istasyonlarında belirlenen AKM (mg/L) havzalar özelinde ve birbirleri ile ilişkilerini belirlemek amacıyla korelasyon analizleri gerçekleştirilmiş ve korelasyon matrisine Tablo 20’de yer verilmiştir.

Tablo 20. Havzalarda gözlenen AKM konsantrasyonlarının korelasyon matrisi

	G1	G2	G3	G4	D1	D2	D3	D4	Y1	Y2	Y3
G2	.621 .000										
G3	.837 .000	.905 .000									
G4	.877 .000	.767 .000	.906 .000								
D1	.937 .000	.598 .000	.832 .000	.892 .000							
D2	.861 .000	.617 .000	.779 .000	.889 .000	.859 .000						
D3	.747 .000	.606 .000	.669 .000	.804 .000	.654 .000	.814 .000					
D4	.713 .000	.509 .000	.646 .000	.758 .000	.712 .000	.723 .000	.694 .000				
Y1	.649 .000	.309 .009	.502 .000	.493 .000	.635 .000	.447 .000	.324 .006	.409 .000			
Y2	.843 .000	.424 .000	.682 .000	.652 .000	.863 .000	.627 .000	.385 .001	.525 .000	.691 .000		
Y3	.292 .014	.127 .296	.211 .080	.184 .128	.292 .014	.266 .026	.222 .064	.286 .017	.443 .000	.324 .006	
Y4	.582 .000	.281 .019	.443 .000	.414 .000	.564 .000	.432 .000	.348 .003	.458 .000	.508 .000	.626 .000	.472 .000

Korelasyon matrisine göre Galanima Havzası'nda G1-G2 AKM gözlem istasyonları hariç bütün AKM gözlem istasyonlarının birbirleri ile yüksek düzeyde ilişki kurduğu anlaşılmıştır. İki istasyon arasında bulunan taş kırma ve eleme tesislerinin akarsuya olan etkileri korelasyonun düşük olmasına neden olmuştur. Bütün AKM gözlem istasyonları membadan mansaba doğru sıralanmanın haricinde kendi aralarında da yüksek düzeyde ilişki kurdukları görülmüştür.

Değirmendere Havzası'nda da bütün AKM gözlem istasyonları birbirleri ile orta ve yüksek düzeyde ilişkili olduğu anlaşılmıştır. Anlamlılık düzeyleri havza içerisinde sıralanacak olursa D1 ve D2 AKM gözlem istasyonları en fazla anlamlı ilişki kurarken, D3 ve D4 AKM gözlem istasyonları en düşük anlamlılık düzeyini elde etmiştir. Bu durumun iki gözlem istasyonu arasında bulunan yerleşim yerleri ve sanayi tesislerinin etkisiyle olduğuna kanaat getirilmiştir. Membadan mansaba doğru sıralanmanın haricinde Değirmendere Havzası'nda bulunan bütün AKM gözlem istasyonlarının kendi aralarında da orta ve yüksek düzeyde ilişki kurdukları anlaşılmıştır.

Yomra Havzası'nda da bütün AKM gözlem istasyonları birbirleri ile anlamlı ancak zayıf ve orta düzeyde ilişkili olduğu anlaşılmıştır. Anlamlılık düzeyleri havza içerisinde sıralanacak olursa Y1 ve Y2 AKM gözlem istasyonları en fazla anlamlı ilişki kurarken, Y2 ve Y3 AKM gözlem istasyonları en düşük anlamlılık düzeyini elde etmiştir.

Havzaların deniz ile kavuştukları noktalarda konumlandırılan AKM gözlem istasyonlarından hepsi birbirleri ile orta ve yüksek düzeyde ilişki göstermişlerdir. G4-D4 AKM gözlem istasyonları yüksek düzeyde ilişki göstermiştir. D4-Y4 AKM gözlem istasyonları orta düzeyde ilişki göstermiştir.

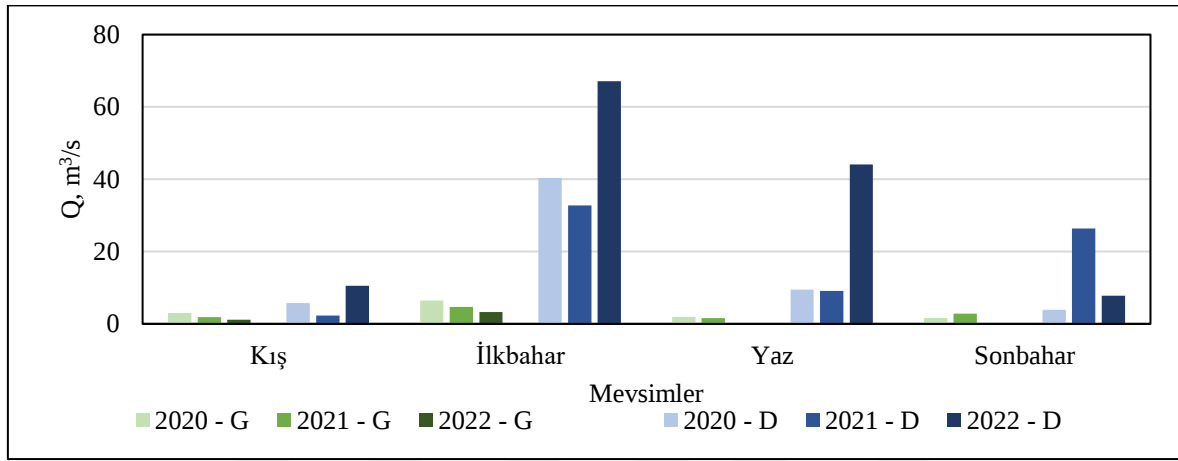
4.1.2. Akarsu Debinin Yıllık ve Mevsimsel Değişimi

Şekil 69'da Q gözlemlerinin gerçekleştirildiği Galanima ve Değirmendere akarsularında belirlenen Q'nun yıllara göre mevsimsel değişimi gösterilmektedir. En düşük Q Galanima Akarsuyu'nda 2022 yılı sonbaharında $0.10 \text{ m}^3/\text{s}$, Değirmendere Akarsuyu'nda ise 2021 yılı kış mevsiminde $2.30 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak belirlenmiştir. En yüksek Q ise Galanima Akarsuyu'nda 2020 yılı ilkbaharında $6.42 \text{ m}^3/\text{s}$, Değirmendere Akarsuyu'nda ise 2022 yılı ilkbahar mevsiminde $44.07 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak belirlenmiştir.

Q'nun yıllara göre mevsimsel değişimleri incelenecek olursa Galanima Akarsuyu'nda 2020 yılında belirlenen Q değerleri kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde diğer gözlem

yıllarından yüksek değerlere ulaşmıştır. Sonbahar mevsiminde ise 2021 yılında belirlenen Q değeri 2020 yılınınkinden bir miktar yüksek gözlenmiştir. Değirmendere Akarsuyu'nda ise kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde 2022 yılın en yüksek Q değerleri gözlenmiş, sonbahar mevsiminde ise 2021 yılında en yüksek Q değerleri gözlenmiştir.

Her iki akarsu özelinde de en yüksek debi değerlerinin ilkbahar mevsiminde gerçekleştirilen çalışmalarda belirlendiği de anlaşılmıştır.



Şekil 69. Galanima ve Değirmendere akarsularında debinin yıllara göre mevsimsel değişimi

Galanima Havzası'nda gözlem yılları boyunca belirlenen ortalama Q miktarları incelendiğinde, 2020 yılı ortalaması $3.25 \text{ m}^3/\text{s}$, 2021 yılı ortalaması $2.71 \text{ m}^3/\text{s}$ ve 2022 yılı ortalaması ise $1.09 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak tespit edilmiştir. 2021 yılı ortalama Q 2020 yılına göre yaklaşık olarak % 15, 2022 yılı ortalama Q'da 2021 yılına göre yaklaşık olarak % 60 azalma olduğu belirlenmiştir.

Değirmendere Havzası belirlenen ortalama Q miktarları incelendiğinde, 2020 yılında $14.88 \text{ m}^3/\text{s}$, 2021 yılında ise $17.63 \text{ m}^3/\text{s}$ ve 2022 yılında ise $32.36 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak tespit edilmiştir. 2021 yılı sonbahar mevsiminde ortalama Q'nun yağışların etkisiyle yükselme gösterdiği anlaşılmıştır. 2021 yılı ortalama Q miktarında 2020 yılına göre yaklaşık olarak % 20, 2022 yılı debilerinde 2021 yılına göre yaklaşık olarak % 85 artış olduğu belirlenmiştir.

Tablo 21'de gözlem süresi boyunca belirlenen Q değerlerinin yıllara göre mevsimsel değişimi sunulmuştur. Tablo 21 incelendiğinde, havzalardaki Q değerlerinin mevsimlere ve yıllara göre değişkenlik gösterdiği anlaşılmıştır. Galanima Havzası'nda belirlenen Q değerlerindeki yıllık değişimin mevsimlere göre Değirmendere Havzası'na göre daha az değişim gösterdiği de tablodan anlaşılmaktadır. Değirmendere Havzası'nda Q miktarlarının

mevsimlere göre düzensiz değişiminde havzanın büyüklüğü, sıcaklık ve yağış gibi parametrelerin etkili olduğu düşünülmektedir. Sonbahar ve kış mevsimlerinde belirlenen Q'nun diğer mevsimlerden yüksek değere sahip olması ilgili mevsimlerin yağışlı olmasıyla, yaz mevsimindeki debinin yüksek olması ise havzanın yüksek kesimlerinde bulunan kar ve buzul kütlelerin artan sıcaklıkla erimesiyle ilişkilendirilebilir.

Tablo 21. Debinin mevsimlere göre değişimi

Gözlem Yılı	Galanima	Değirmendere
2020	$\dot{I} > K > Y > S$	$\dot{I} > K > Y > S$
2021	$\dot{I} > K > S > Y$	$\dot{I} > S > Y > K$
2022	$\dot{I} > K > Y > S$	$\dot{I} > Y > K > S$

2020 yılında Galanima ve Değirmendere havzalarında belirlenen en yüksek Q değerleri ilkbahar mevsiminde belirlenmiştir. En düşük Q değerleri ise her iki havza için de sonbahar mevsiminde gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilmiştir. 2021 yılında en yüksek Q miktarları yine ilkbahar mevsiminde; en düşük Q miktarı Galanima Havzası için yaz mevsiminde, Değirmendere Havzası için kış mevsiminde belirlenmiştir. 2022 yılına ait en yüksek Q değerleri Galanima ve Değirmendere havzalarında ilkbahar mevsiminde, en düşük değerler ise sonbahar mevsiminde kaydedilmiştir

Şinik ve Öğütlü AGİ'de hesaplanan Q değerleri ile AGİ'lerde belirlenen AKM (mg/L) arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla korelasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Korelasyon matrisi Tablo 22'de sunulmaktadır.

Tablo 22. AGİ'lerde AKM ve Q değerlerine ait korelasyon matrisi

	Q_G	AKM_G	Q_D
AKM_G	-.059		
	.627		
Q_D	.048	.364	
	.693	.002	
AKM_D	-.097	.598	.635
	.426	.000	.000

Bu korelasyon matrisine göre Galanima Havzası'nda belirlenen Q değerleri ile AKM konsantrasyonları arasında anlamlı ilişki bulunmadığı belirlenmiştir. Değirmendere Havzası'nda belirlenen Q değerleri ile AKM konsantrasyonlarının orta düzeyde ilişki gösterdiği anlaşılmıştır. Ayrıca her iki havzada belirlenen Q değerlerinin birbirleri ile ilişki göstermediği, AKM konsantrasyonlarının ise yine orta düzeyde ilişki içerisinde bulunduğu belirlenmiştir. Galanima Havzası'nda Q değerleri ile AKM konsantrasyonu arasında anlamlı ilişki kurulamamasının sebebi AGİ öncesinde gerçekleşen akarsuya yapay yük müdahalesi nedeniyle olduğu düşünülmektedir.

4.1.3. Askıda Katı Madde Yükünün Yıllık ve Mevsimsel Değişimi

Q ve AKM (mg/L) takibi yapılan havzalarda AKM yükü de hesap edilmiştir. AKM yükü ilgili havzalarda Q ve AKM (mg/L) mevsimsel ortalamaları alınarak ton cinsinden hesap edilmiş ve Tablo 23'te sunulmuştur.

Tablo 23. Galanima ve Değirmendere havzalarında AKM yükünün yıllara göre mevsimsel değişimi

Gözlem Yılı	Mevsim	Galanima Havzası			Değirmendere Havzası		
		Q (m ³ /mevsim, x10 ⁶)	G-AGİ AKM (mg/L)	Yük (t)	Q (m ³ /mevsim, x10 ⁶)	D-AGİ AKM (mg/L)	Yük (t)
2020	Kış	23.02	70.53	1,623.34	44.95	24.19	1,087.43
	İlkbahar	49.92	116.63	5,822.14	314.15	82.63	25,956.68
	Yaz	14.85	239.28	3,553.79	73.41	14.78	1,084.77
	Sonbahar	12.21	189.31	2,311.10	30.33	7.72	234.19
	Ortalama	25.00	153.93	3,327.59	115.71	32.33	7,090.76
2021	Kış	14.39	34.64	498.30	17.88	3.89	69.55
	İlkbahar	36.31	327.87	11,906.12	254.90	182.06	46,406.88
	Yaz	11.98	25.72	308.02	70.53	12.50	881.60
	Sonbahar	21.85	238.61	5,213.79	205.21	188.00	38,579.22
	Ortalama	21.13	156.71	4,481.56	137.13	96.61	21,484.32
2022	Kış	7.70	510.61	3,930.81	81.57	56.36	4,597.39
	İlkbahar	25.43	300.69	7,645.91	521.77	387.75	202,316.16
	Yaz	0.47	12.97	6.05	342.69	11.31	3,874.28
	Sonbahar	0.39	2.19	0.85	60.50	6.61	399.95
	Ortalama	8.50	206.62	2,895.91	251.63	115.51	52,796.95

Galanima ve Değirmendere havzalarında AKM yükünün yağışlı geçen mevsimlerde pik değerlere ulaştığı anlaşılmıştır. Gözlem yılları boyunca her iki havzada da en yüksek AKM yükü ilkbahar mevsimlerinde elde edilmiştir. Galanima Havzası'nda hesap edilen AKM yükü en yüksek 2020 yılı ilkbahar mevsiminde, en düşük ise 2022 yılı sonbahar mevsiminde elde edilmiştir. Değirmendere Havzası'nda AKM yükü en yüksek 2022 yılı ilkbahar mevsiminde, en düşük 2021 yılı kış mevsiminde hesap edilmiştir. Tablo 23'te Galanima Havzası AGİ'de hesaplanan AKM yükünün 2021 yılında bir önceki yıla oranla sırasıyla % 35 artış ve 2022 yılında ise 2021 yılına kıyasla % 35 düşüş gösterdiği anlaşılmıştır. Değirmendere AGİ'de hesaplanan AKM yükünün debi artışı ile ilişkili olacak şekilde 2021 ve 2022 yıllarında bir önceki yıla kıyasla % 202.99 ve 145.74 artış gösterdiği anlaşılmıştır. Ayrıca Değirmendere Havzası AGİ'nin Galanima Havzası AGİ'den 0.10 ila 640.13 kat daha yoğun AKM yüküne maruz kaldığı anlaşılmıştır.

Tablo 24'te gözlem süresi boyunca elde edilen Q ve AKM (mg/L) kullanılarak hesap edilen AKM yükünün yıllara göre mevsimsel değişimi sunulmuştur.

Tablo 24. AKM yükünün mevsimlere göre değişimi

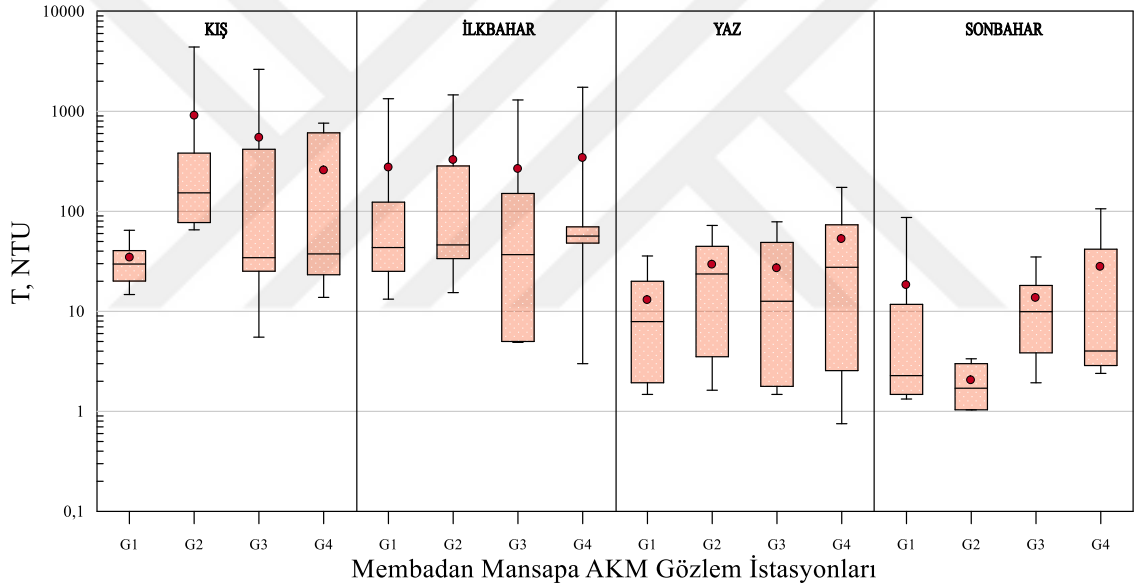
Gözlem Yılı	Galanima	Değirmendere
2020	$\dot{I} > Y > S > K$	$\dot{I} > K > Y > S$
2021	$\dot{I} > S > K > Y$	$\dot{I} > S > Y > K$
2022	$\dot{I} > K > Y > S$	$\dot{I} > K > Y > S$

2020 yılında Galanima ve Değirmendere havzalarında en yüksek yük değeri ilkbahar mevsiminde belirlenmiştir. En düşük yük değerleri Galanima Havzası için kış mevsiminde Değirmendere Havzası için de sonbahar mevsiminde hesap edilmiştir. 2021 yılında en yüksek AKM yükü her iki havza için yine ilkbahar mevsiminde; en düşük yük değeri Galanima Havzası için yaz mevsiminde, Değirmendere Havzası içinse kış mevsiminde hesap edilmiştir. 2022 yılına ait en yüksek yük miktarı Galanima ve Değirmendere havzalarında ilkbahar mevsiminde, en düşük yük miktarı ise her iki havza için de sonbahar mevsiminde hesaplanmıştır.

Tablo 24 incelendiğinde havzalardaki AKM yükünün mevsimlere ve yıllara göre değişkenlik gösterdiği anlaşılmış, bu değişimin debi değişimi ile benzer olduğu da ortaya konmuştur.

4.1.4. Bulanıklık Değerlerinin Mevsimsel Değişimi

Taşkın dönemlerinde akarsuların Q ve akış hızlarının yükselmesiyle malzeme sürüklenme ve taşıma kapasitelerinde artış meydana gelmektedir. 2022 yılı ilkbahar mevsiminde Nisan ayının ilk çalışmasında G1, G2, G3 ve G4 AKM gözlem istasyonlarında en yüksek doğal bulanıklık değerleri sırasıyla 1,337.14, 1,460.70, 1,300.17 ve 1,741.54 NTU olarak kayıt edilmiştir. Pik bulanıklık değerleri çalışmanın gerçekleştirileceği gün öncesinde havanın yağışlı olması ve hava sıcaklıklarının yükselmesi ile havza üst kesimlerinde bulunan kar kütlelerinin erimesi ile doğal olarak yükselme göstermiştir. Şekil 70’te Galanima Havzası’nda bir yıllık gözlem süresi boyunca belirlenen T değerlerinin mevsimsel değişimi kutu grafiği şeklinde sunulmuştur.



Şekil 70. Galanima Havzası’nda T’nin mevsimsel değişimi

Bulanıklık değeri doğal olmayan etkenlerden de kolayca etkilenebildiği için genel bir eğilim belirlemek oldukça güçtür. Kış mevsiminde G2 AKM gözlem istasyonunda bulanıklık ölçer cihazının üst ölçüm değeri olan 3,000 NTU’luk bulanıklık sonucu elde edilmiştir. Ancak bu durum akarsuya doğal olmayan müdahaleler sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu gözlem istasyonu öncesinde bulunan konkasör tesisinin akarsuya etkisiyle bulanıklık cihazı ölçüm değerinin üst sınırında ölçüm sonucu sunmuştur. Aynı çalışma sırasında bir önceki AKM gözlem istasyondaki (G1 AKM gözlem istasyonu) bulanıklık değeri 26.60 NTU iken bir sonraki gözlem istasyonunda (G3 AKM gözlem istasyonu) 2,630.62 NTU olarak gözlenmiş, sahil istasyonunda ise 762.08 NTU olarak tespit edilmiştir.

G1 AKM gözlem istasyonu ile G2 AKM gözlem istasyonu arasında konkasör tesisi etkisiyle ortalama bulanıklık değerlerinde % 1,025'i bulan artışlar olduğu anlaşılmıştır. G2 AKM gözlem istasyonundan G3 AKM gözlem istasyonuna doğru yerleşim yerlerinin yoğunlaşması ile bulanıklık değerlerinde % 441'i bulan artışlar gözlenirse de genel olarak akarsu kesitinin genişlemesi ve yatak eğiminin düşmesi sebebiyle % 94'ü oranında azalma meydana gelmiştir. G3 AKM gözlem istasyonundan G4 AKM gözlem istasyonuna doğru yerleşim yerlerinin yoğunlaşmasının yanı sıra sanayi tesislerinin de artması sonucunda ile bulanıklık değerlerinde % 657'i bulan artışlar gözlenirse de genel olarak akarsu kesitinin genişlemesi ve yatak eğiminin düşmesi sebebiyle % 92'yi bulan oranda azalmalar meydana gelmiştir. Bulanıklık değerlerinde ilkbahar yağışları ile artış olduğu anlaşılmıştır. Membadan mansaba doğru özellikle G2 AKM gözlem istasyonundaki bulanıklık değerlerinin aşırı derecede yükseldiği gözlenmiştir. G3 AKM gözlem istasyonunda belirlenen bulanıklık değerlerinin Şekil 70'te de görüldüğü gibi G2 AKM gözlem istasyonundan daha düşük değerlere sahip olduğu anlaşılmıştır. G4 AKM gözlem istasyonuna ait bulanıklık değerlerinin G3 AKM gözlem istasyonu ile yaklaşık olarak aynı değer aralıklarına sahip olduğu da görülmektedir.

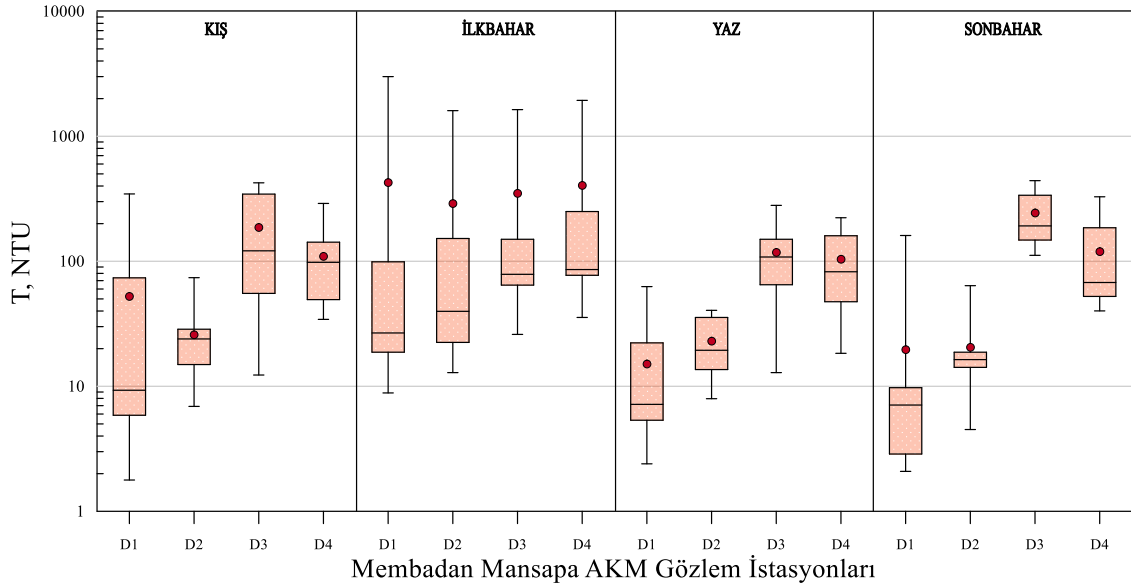
Havza özelinde 2016-2019 yılları arasında Erdoğan (2019) tarafında da AGİ'de gerçekleştirilen T ölçüm sonuçları bu çalışmada belirlenen T sonuçları ile de karşılaştırılacaktır. Erdoğan (2019) çalışması süresinde AGİ'de T değerinin ortalama 31.02 NTU olarak belirlemiştir. Bu çalışmada ise 2022 yılı boyunca ortalama T değeri 304.11 NTU olarak belirlenmiştir. T değerinin 2016-2019 yıllarına kıyasla artış gösterdiği belirlenmiştir.

Değirmendere Havzası'nda da taşkın dönemlerinde akarsularda meydana gelen debi artışı ve akış hızlarının yükselmesi sonucunda ilkbahar mevsiminde Nisan ayının ilk çalışmasında D1, D2, D3 ve D4 AKM gözlem istasyonlarında en yüksek doğal bulanıklık değerleri sırasıyla 3,000.00, 1,602.83, 1,631.56 ve 1,936.67 NTU olarak kayıt edilmiştir. D1 AKM gözlem istasyonunda bulanıklık ölçer cihazının üst ölçüm sınırı olan 3,000 NTU'luk sonucu kayıt edilmiştir. D2 AKM gözlem istasyonunda bu değer oldukça düşüş göstermiştir. İlgili durumun Galyan Deresi yan kolunun anakola katılmasından dolayı anakoldaki bulanıklığı seyreltmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Atası Baraj Gölü'nde akım hızlarının düşmesi AKM'nin çökmesine, bulanıklığın da düşmesine neden olduğu Satılmış (2014) tarafından da irdelenmiştir. Ayrıca aynı çalışmada en düşük bulanıklık değerlerinin sonbahar ve kış mevsimlerinde, en yüksek değerlerin de ilkbahar ve yaz mevsimlerinde ölçüldüğü ifade edilmiştir. taşkın dönemlerinde akarsu debilerinin ve akış hızlarının artması

malzeme sürüklenme kapasitesini arttırdığı için doğal bulanıklık değerlerinde de artışlar söz konusu olmaktadır.

Atasu Barajı, Galyan Deresi yan kolundaki katı madde yükünü tutmaktadır. Değirmendere Akarsuyu ana kolu taşkın dönemlerinde Galyan Deresi yan kolundan daha yoğun katı madde taşınımına sahiptir. Galyan Deresi'nin ana kola kavuşması, Değirmendere Akarsuyu'ndaki AKM (mg/L) düşürmektedir. D2 AKM gözlem istasyonu, Galyan yan kolunun kavuşmasından hemen sonra yer almaktadır. Değirmendere Akarsuyu'nun yoğun AKM taşıma kapasitesi olan bölümü, Galyan Deresi'nin baraj gölünde çökelmiş katı madde yüküyle karışmaktadır. Bu durum, Değirmendere Akarsuyu'nun AKM (mg/L) ve T değerlerini düşürücü etkiler yarattığı düşünülmektedir.

D1 ve D2 AKM gözlem istasyonlarına ait Şekil 71'te verilen kutu grafikleriyle T değerlerine göre D2 AKM gözlem istasyonunda belirlenen T verilerinin D1 AKM gözlem istasyonundan görece daha yüksek olduğu ve yağışlı dönemlerde D2 AKM gözlem istasyonuna ait T verilerinin Atasu Barajı'nın etkisiyle daha düşük değerlerde seyrettiği belirlenmiştir. Yağışlı dönemlerde D2 AKM gözlem istasyonunda belirlenen T değerleri D1 AKM gözlem istasyonuna kıyasla değerlerinde % 92'ye varan düşüşler gözlemlense de genel olarak artış eğiliminde olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 71. Değirmendere Havzası'nda T'nin mevsimsel değişimi

D2 AKM gözlem istasyonundan D3 AKM gözlem istasyonuna doğru yerleşim yerlerinin yoğunlaşması ve sanayi tesislerinin etkileri ile yoğun insan kaynaklı faaliyetler

bulanıklık değerlerinde % 4,892'i bulan artışlar meydana gelmiştir. D3 AKM gözlem istasyonundan D4 AKM gözlem istasyonuna doğru yerleşim yerlerinin yoğunlaşmasının yanı sıra sanayi tesislerinin de artması sonucunda ile bulanıklık değerlerinde % 257'i bulan artışlar gözlenirse de genel olarak akarsu kesitinin genişlemesi ve yatak eğiminin düşmesi sebebiyle % 89'u bulan oranda azalmalar meydana geldiği anlaşılmıştır.

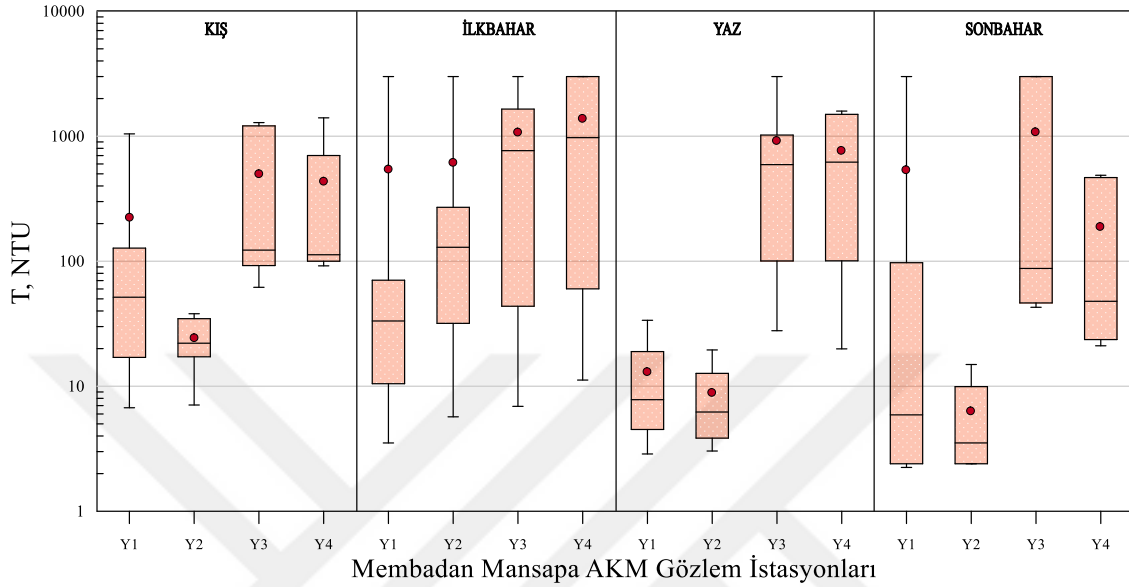
Bulanıklık değerlerinde ilkbahar yağışları ile artış olduğu anlaşılmıştır. Membadan mansaba doğru özellikle D1 AKM gözlem istasyonundaki bulanıklık değerlerinin aşırı derecede yükseldiği gözlenmiştir. Bulanıklık değerlerinin Şekil 71'de de görüldüğü gibi membadan mansaba doğru artma eğiliminde olduğu anlaşılmıştır. D4 AKM gözlem istasyonuna ait bulanıklık değerlerinin D3 AKM gözlem istasyonu ile yaklaşık olarak aynı değer aralıklarına sahip olduğu da görülmektedir.

Havza özelinde 2014 yılında Satılmış (2015) tarafından D1, D2 ve D4 AKM gözlem istasyonlarında T ölçüm sonuçları bu çalışmada belirlenen T sonuçları ile de karşılaştırılacaktır. Satılmış (2015) çalışması süresinde D1, D2 ve D4 AKM gözlem istasyonlarında ortalama T değerini sırasıyla 47.05, 58.27 ve 324.80 NTU olarak belirlemiştir. Bu çalışmada 2022 gözlem yılında bu değerler aynı istasyonlarda ortalama 123.36, 86.25 ve 177.15 NTU olarak belirlenmiştir. Ortalama T değerinin 2022 yılında D4 AKM gözlem istasyonu hariç artış eğiliminde olduğu anlaşılmıştır.

Yomra Havzası'nda taşkın dönemlerinde akarsularda meydana gelen debi artışı ve akış hızlarının yükselmesi sonucunda ilkbahar mevsiminde Nisan ayının ilk çalışmasında Y1, Y2, Y3 ve Y4 AKM gözlem istasyonlarında bulanıklık ölçümleri alınamamıştır. DS5 cihazının azami 3,000 NTU bulanıklık değeri ölçümü gerçekleştirebilmesi ve Nisan ayında gerçekleştirilen ilk çalışmada bütün istasyonlarda bulanıklık değerinin 3,000 NTU'nun üzerinde olmasından dolayı bu tarihte gerçekleştirilen ölçümler 3,000 NTU olarak sonuçlara eklenmiştir.

Y1 ve Y2 AKM gözlem istasyonlarına ait Şekil 72'de verilen kutu grafikleriyle T değerlerine göre Y1 AKM gözlem istasyonunda belirlenen T verilerinin Y2 AKM gözlem istasyonundan görece daha yüksek olduğu ve yağışlı dönemlerde Y2 AKM gözlem istasyonuna ait T verilerinin etkisiyle daha yüksek değerlerde seyrettiği belirlenmiştir. Yağışlı dönemlerde Y2 AKM gözlem istasyonunda belirlenen T değerleri Y1 AKM gözlem istasyonuna kıyasla değerlerinde % 522'ye varan artışlar gözlenirse de genel olarak % 99'a varan düşme eğiliminde olduğu anlaşılmıştır. Y1 ve Y2 AKM gözlem istasyonu arasında bulunan tersip bendinin temizlenmeye başlaması ile Y2 AKM gözlem istasyonu gözlenen T

değerlerinde düşüş olduğu Şekil 72'ten anlaşılmaktadır. İlkbahar mevsiminde meydana gelen yağışlar tersip bendinin rezervuarında çökelmiş haldeki katı maddeyi yeniden askıya alarak Y2 AKM gözlem istasyonundaki T değerlerini arttırıcı yönde etkiler yaratmıştır.



Şekil 72. Yomra Havzası'nda T'nin mevsimsel değişimi

Y2 AKM gözlem istasyonundan Y3 AKM gözlem istasyonuna doğru yerleşim yerlerinin yoğunlaşması ve sanayi tesislerinin etkileri ile yoğun insan kaynaklı faaliyetler bulanıklık değerlerinde % 125,021'i bulan artışlar meydana gelmiştir. Y3 AKM gözlem istasyonundan Y4 AKM gözlem istasyonuna doğru yerleşim yerlerinin yoğunlaşmasının yanı sıra sanayi tesislerinin de artması sonucunda ile bulanıklık değerlerinde % 96'yı bulan artışlar gözlenirse de genel olarak akarsu kesitinin genişlemesi ve yatak eğiminin düşmesi sebebiyle % 84'ü bulan oranda azalmalar meydana geldiği anlaşılmıştır.

Bulanıklık değerlerinde ilkbahar yağışları ile artış olduğu anlaşılmıştır. Membadan mansaba doğru özellikle Y3 AKM gözlem istasyonundaki bulanıklık değerlerinin aşırı derecede yükseldiği gözlenmiştir. Bulanıklık değerlerinin Şekil 72'te de görüldüğü gibi membadan mansaba doğru artma eğiliminde olduğu anlaşılmıştır. Y4 AKM gözlem istasyonuna ait bulanıklık değerlerinin Y3 AKM gözlem istasyonu ile yaklaşık olarak aynı değer aralıklarına sahip olduğu da görülmektedir.

Yomra Deresi Havzası'nda sağlıklı çalışan bir AGİ'nin bulunmamasından dolayı bu havzaya ait Q değerleri belirlenememiştir. Akım gözlemlerinin devamlılığının sağlanabilmesi bakımından DSİ Kömürcü Mahallesi'ne radar sensörlü seviye gözlem

istasyonu kurmuş ancak bu istasyona ait debi anahtar eğrisi henüz üretememiştir. T ölçümlerinin gerçekleştirildiği süre içerisinde (2021 - 2022) gözlem süresi boyunca Galanima ve Değirmendere havzalarında belirlenen AKM, Q, T ve su seviyesi (H) değerlerine korelasyon analizleri uygulanmış ve korelasyon matrisleri Tablo 25 ve 26’da verilmiştir.

Tablo 25’te sunulan korelasyon matrisi ile Galanima Havzası’nda bulunan AGİ’de AKM ve T değerlerinin yüksek düzeyde ilişkili olduğu ayrıca Q ve H değerlerinin yüksek düzeyde ilişkili olduğu belirlenmiştir. AKM, Q ve H değerlerinin arasında ise orta düzeyde ilişki olduğu anlaşılmıştır. İlgili durumun daha önce de belirtildiği üzere yapay AKM yükü neticesinde meydana geldiği düşünülmektedir. T değerinin Q ve H değerleri ile anlamlı ilişki kurmadığı da belirlenmiştir.

Tablo 25. Şinik AGİ’de AKM, Q, T ve H değerlerine ait korelasyon matrisi

	T	AKM	H
AKM	0.966 0.000		
H	0.364 0.080	0.532 0.008	
Q	0.297 0.158	0.525 0.008	0.884 0.000

Tablo 26. Öğütlü AGİ’de AKM, Q, T ve H değerlerine ait korelasyon matrisi

	T	AKM	H
AKM	0.983 0.000		
H	0.505 0.000	0.495 0.000	
Q	0.593 0.000	0.580 0.000	0.982 0.000

Tablo 26’da sunulan korelasyon matrisi ile Değirmendere Havzası’nda bulunan AGİ’de AKM ve T değerlerinin yüksek düzeyde ilişkili olduğu ayrıca Q ve H değerlerinin yüksek düzeyde ilişkili olduğu belirlenmiştir. AKM, T, Q ve H değerlerinin arasında ise orta

düzeyde ilişki olduğu anlaşılmıştır. Değirmendere AGİ’de belirlenen bütün parametrelerin birbirleri ile orta veya yüksek düzeyde ilişki kurduğu sonucuna varılmıştır.

Yomra Havzası’nda da aynı analizler Q parametresi eksik olduğu için yalnızca AKM, T ve H arasında yapılmıştır. Korelasyon matrisi Tablo 27’de sunulmuştur.

Tablo 27. Kömürcü Mahallesi radar sensörlü seviye gözlem istasyonunda AKM, T ve H değerlerine ait korelasyon matrisi

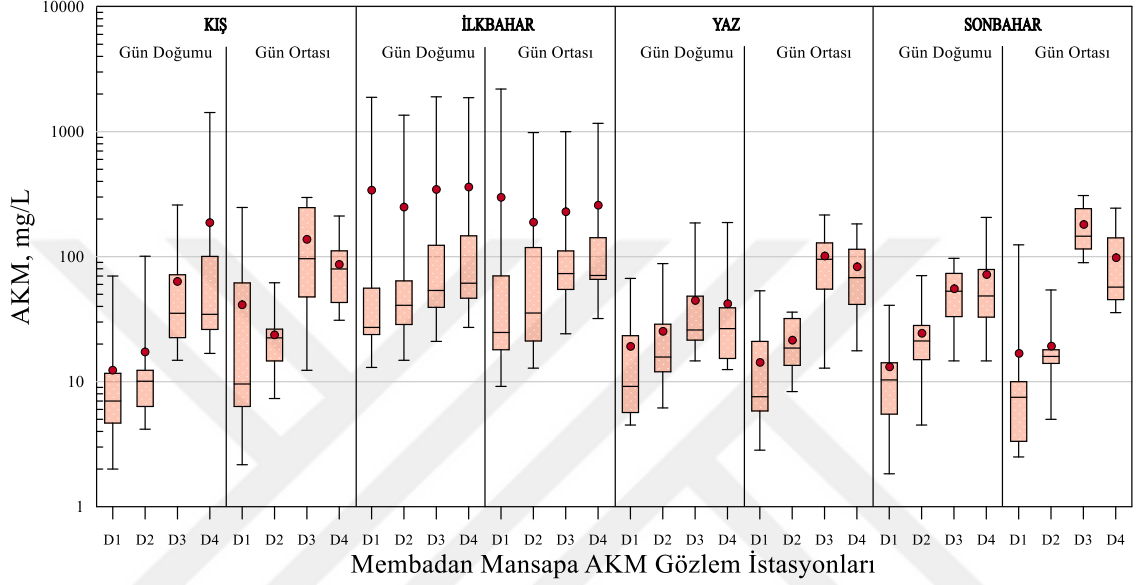
	T	AKM
AKM	0.997 0.000	
H	0.931 0.000	0.927 0.000

Tablo 27’de sunulan korelasyon matrisi ile Yomra Havzası’nda bulunan radar sensörlü seviye gözlem istasyonunda AKM ve T değerlerinin yüksek düzeyde ilişkili olduğu ayrıca AKM ve H ile T ve H değerlerinin yüksek düzeyde ilişkili olduğu belirlenmiştir.

4.1.5. Askıda Katı Madde Konsantrasyonunun Gün Doğumu ve Gün Ortası Zaman Dilimlerinde Değişimi

Değirmendere Havzası’nda gerçekleştirilen gün doğumu ve gün ortası AKM (mg/L) ve T değerlerinin değişimine ait kutu grafiği Şekil 73’te verilmektedir. Kutu grafiğinde gün doğumu çalışmalarında da AKM (mg/L) ve T değerlerinin membadan mansaba doğru artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Gün ortası çalışmalarıyla belirlenen AKM’nin (mg/L), gün doğumu konsantrasyonlarından yüksek olduğu da göze çarpmaktadır. İlkbahar mevsiminde yağışların etkisiyle her iki zaman diliminde de taşınan AKM değerlerinin diğer mevsimlere göre yüksek olduğu, gün doğumu esnasında daha yüksek debi değerinin olmasıyla gün doğumu konsantrasyonlarının yüksek olduğu anlaşılmıştır. Membada bulunan (D1 ve D2 AKM gözlem istasyonları) iki AKM gözlem istasyonuna ait AKM (mg/L) çok fazla artış göstermediği, D3 ve D4 AKM gözlem istasyonuna gün ortası AKM (mg/L) gün doğumu konsantrasyonlarına kıyasla daha yoğun havza faaliyetleri olması sebebiyle fazla değişim gösterdiği anlaşılmıştır. Gün doğumu ve gün ortası konsantrasyon değişimlerinin yorumlanmasında ilkbahar mevsiminde gözlenen pik değerler değerlendirmeye dahil edilmemiştir. Çünkü gün doğumu çalışmasında anlık debinin yüksek olmasından dolayı

belirlenen AKM (mg/L) gün ortası çalışmasına kıyasla oldukça yüksek değerlere ulaşmıştır. Bu durum da AKM değişimini aşırı derecede çarpıtma eğiliminde olacağı için pik değerlerin yorumlanması gerçekleştirilmemiştir. D1 AKM gözlem istasyonunda % 7'ye, D2 AKM gözlem istasyonunda % 1'e, D3 AKM gözlem istasyonunda % 1,261'e ve D4 AKM gözlem istasyonunda ise % 34'e varan değerlerde artış gözlemlenmiştir.

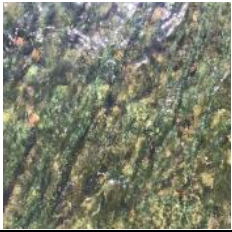
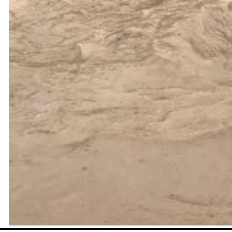


Şekil 73. 2022 yılı Değirmendere Havzası'nda gündeğümü ve gün ortası ölçülen AKM konsantrasyonunun mevsimsel değişimi (mg/L)

4.2. Askıda Katı Madde Konsantrasyonunun Sınıflandırılmasına ait Sonuçların İrdelenmesi

Bölüm 3.2. Tablo 16'da sunulan performans ölçütleri dikkate alındığında Genel-ESA modelinin çok yönlü ve güvenilir bir sınıflandırma gerçekleştirdiği anlaşılmıştır. Ayrıca Şekil 74'te mavi metinler tahmin edilen sınıfları ve olasılıkları gösterilmektedir. Her sınıf için dört örnek sınıflandırma görselleştirilmiş ve sınıflandırmanın doğruluk olasılığı verilmiştir. Genel olarak sınıflandırma tahmin sonuçları incelendiğinde tahmin olasılıklarının çoğunun %90'ın üstünde olduğu da görülmektedir. Kurulan bu modelin AKM konsantrasyonlarını baz alarak sınıflandırma yapabilme yeteneğine sahip olduğu anlaşılmıştır.

Oluşturulan sınıflandırma modeli ile akarsu yüzey görüntüleriyle AKM (mg/L) sınıflandırmasının gerçekleştirilebildiği anlaşılmıştır. Sınıflandırma modelinin veri takımını belirlenen sınıflara başarıyla ayırt edebilme yeteneğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Gerçek Sınıf	Sınıflandırma tahmini ve olasılık sonuçları			
	S1, %99.66	S1, %99.70	S1, %99.70	S2, %99.50
S1				
	S2, %91.72	S2, %99.07	S2, %99.50	S1, %98.65
S2				
	S3, %99.35	S3, %89.38	S2, %97.83	S4, %98.98
S3				
	S4, %99.66	S4, %98.41	S4, %99.59	S4, %99.59
S4				
	Örnek 1	Örnek 2	Örnek 3	Örnek 4

Şekil 74. Sınıflandırma modeli için sınıf tahmini ve olasılık sonuçları

4.3. Askıda Katı Madde Tahmini için Kurulan Modellemelerin İrdelenmesi

AKM (mg/L) tahmini için oluşturulan modeller ve kullanılan yöntemlerden elde edilen en düşük hata değerleri ve en yüksek NSE katsayıları daha kolay yorum yapılabilmesi bakımından ek tablolarda verilen sonuçlar Tablo 28’de özetlenmiştir. Tablo 28’de modeller

için en iyi tahmin sonuçlarını veren yöntemlerin hata değerleri ve NSE katsayıları sunulmuştur.

Tablo 28. AKM tahmin modellerinde en iyi yöntemlere ait hata değerleri ve NSE katsayıları

MA	YA	Eğitim			Doğrulama			Test		
		OKHK	OMH	NSE	OKHK	OMH	NSE	OKHK	OMH	NSE
M-1	YSA	59.803	22.671	0.987	31.788	23.094	0.973	35.637	24.920	0.996
M-2	YSA	14.392	10.453	0.999	18.686	13.774	0.997	54.082	28.988	0.991
M-3	YSA	14.826	11.533	0.999	19.217	16.195	0.971	64.211	42.438	0.988
M-4	YSA	16.820	10.255	0.837	30.039	15.345	0.592	42.056	23.442	-0.322
M-5	YSA	31.867	15.899	0.413	24.936	18.082	0.719	37.966	21.331	-0.077
M-6	YSA	13.909	9.367	0.888	7.217	5.905	0.976	11.678	7.506	0.898
M-7	YSA	563.801	293.393	0.573	168.895	142.816	0.218	194.12	164.827	0.645
M-8	YSA	552.005	213.580	0.591	109.366	84.305	0.672	173.841	109.632	0.715
M-9	YSA	496.882	201.764	0.669	85.902	52.843	0.798	78.848	49.396	0.941
M-10	YSA	49.485	32.219	0.975	47.622	33.290	0.983	20.480	12.874	0.983
M-11	YSA	687.323	391.819	0.600	650.239	356.641	0.254	362.139	268.432	-4.916
M-12	YSA	432.090	162.978	0.306	52.374	39.367	-0.060	67.616	33.109	0.035
M-13	YSA	145.342	46.560	0.850	3.563	2.260	0.949	5.218	3.483	0.871
M-14	YSA	23.966	6.726	0.996	5.139	2.174	0.896	0.091	0.052	0.999
M-15	YSA	13.503	7.267	0.999	3.345	2.444	0.975	6.002	2.700	0.986
M-16	YSA	127.031	53.97	0.973	36.529	20.849	0.964	29.559	13.652	0.963

*MA: Model adı, YA: Yöntem adı

Galanima Havzası'nda memba istasyonuna ait AKM (mg/L) mansap istasyonlarından tahmini M-1, M-2 ve M-3 tahmin modelleri ile gerçekleştirilmiştir. M-1 modelinde G4 AKM gözlem, M-2 modelinde G4 ve G3 AKM gözlem, M-3 modelinde ise G4, G3 ve G2 AKM gözlem istasyonlarına ait AKM (mg/L) ile G1 AKM gözlem istasyonunun konsantrasyonu tahmin edilmeye çalışılmıştır. Ek Tablo 7, 8 ve 9'da verilen hata değerleri ile NSE katsayılarına göre en iyi tahmin sonuçlarının YSA yöntemi ile kurulan tahmin modellerinden elde edildiği anlaşılmıştır. Mansap istasyonlarının farklı kombinasyonları ile M-2 ve M-3 tahmin modelleriyle girdi sayısının artması ile tahmin modelinin güvenilirliğinin arttığı da anlaşılmıştır. Ancak M-3 tahmin modelinde M-2 modeline kıyasla hata değerlerinde artış ve NSE katsayısında da düşüş olduğu Tablo 28'den gözlenmiştir. Yapay AKM yükü baskısı altında olan G2 AKM gözlem istasyonunun girdi veri takımına dahil edilmesinin tahmin

modellemesinin performansını düşürdüğü anlaşılmıştır. M-3 tahmin modelinden elde edilen sonuçlar da başarılı tahmin sonuçları verse de yapay etkenlerin modelleme performansı üzerinde etkisi olduğu da açığa çıkarılmıştır. ÇDURE yöntemi ile kurulan modeller eğitim ve test aşamalarında tatmin edici sonuçlar verse de doğrulama aşamasında istenilen başarıya ulaşamayıp tahmin modelinin başarısız olmasına neden olmuştur.

Saçılım grafikleri ile tahmin edilen konsantrasyonlar ile belirlenen konsantrasyonların ne derecede ilişkili olduğunun belirlenmesi konusunda yol gösterici şekillerdir. Galanima Havzası'nda en iyi tahmin sonuçlarını veren YSA yöntemi ile elde edilen tahmin sonuçları ile oluşturulan saçılım grafikleri Ek Şekil 1, 2 ve 3'te, Değirmendere Havzası için en başarılı yöntemler ile elde edilen saçılım grafikleri Ek Şekil 4, 5 ve 6'da, Yomra Havzası için elde edilen saçılım grafikleri ise Ek Şekil 7, 8 ve 9'da verilmektedir. Ayrıca havza çıkış noktalarındaki konsantrasyonların tahmini için kurulan tahmin modellerinden en iyi tahmin sonucu veren yönteme ait saçılım grafikleri de Ek Şekil 10 ve 11'de sunulmuştur. Havzalarda AGİ'deki konsantrasyonların belirlenmesine yönelik tahmin modellerinin saçılım grafikleri Ek Şekil 12 ve 13'te verilmiştir. Değirmendere Havzası'nda gün ortası konsantrasyonlar ile gün doğumu konsantrasyonlarının tahmininden elde edilen saçılım grafikleri Ek Şekil 14 ve 15'te, bütün istasyonlarda yapılan T ölçümleriyle tahmin edilen konsantrasyonlara ait saçılım grafikleri de Ek Şekil 16'da sunulmuştur. Saçılım grafiklerinde tahmin modelleri ile elde edilen konsantrasyon sonuçları düşey eksen, arazi çalışmalarıyla elde edilen konsantrasyon sonuçları ise yatay eksen sunulmuştur. Tahmin sonuçları ile elde edilen sonuçlara ait eğilim çizgileri oluşturulmuş ve saçılım grafiğinin diyagonal çizgisi ile karşılaştırılması mümkün hale getirilmiştir. Eğilim çizgisi diyagonal çizgiye ne kadar yakınsa kurulan tahmin modelinin de o kadar başarılı olduğu görselleştirilmiştir.

Değirmendere Havzası'nda memba istasyonuna ait AKM (mg/L) mansap istasyonlarından tahmini M-4, M-5 ve M-6 tahmin modelleri ile gerçekleştirilmiştir. M-4 modelinde D4 AKM gözlem, M-5 modelinde D4 ve D3 AKM gözlem, M-6 modelinde ise D4, D3 ve D2 AKM gözlem istasyonlarına ait AKM (mg/L) D1 AKM gözlem istasyonunun konsantrasyonu tahmin edilmeye çalışılmıştır. Ek Tablo 10'da verilen hata değerleri ile NSE katsayılarına göre en iyi tahmin sonuçlarının YSA yöntemi ile kurulan tahmin modellerinden elde edildiği anlaşılmıştır. Mansap istasyonlarının farklı kombinasyonları ile kurulan tahmin modelleriyle yoğun yük altında olan istasyonlara (D3 ve D4 AKM gözlem istasyonları) ait konsantrasyonlar ile memba istasyonuna ait konsantrasyonun modellenemediği anlaşılmıştır. D2 AKM gözlem istasyonunun veri takımına dahil edildiği tahmin

modellemesi ile memba istasyonuna ait konsantrasyonun başarılı şekilde tahmin edilebildiği anlaşılmıştır. ÇDURE yöntemi ile kurulan modeller eğitim ve test aşamalarında tatmin edici sonuçlar verse de doğrulama aşamasında istenilen başarıya ulaşamamıştır.

M-7, M-8 ve M-9 tahmin modellerinde Yomra Havzası'nda memba istasyonuna ait AKM (mg/L) mansap istasyonlarından tahmini ile gerçekleştirilmiştir. Y1 AKM gözlem istasyonunun AKM (mg/L), M-7 modelinde Y4 AKM gözlem, M-8 modelinde Y4 ve Y3 AKM gözlem, M-9 modelinde ise Y4, Y3 ve Y2 AKM gözlem istasyonlarının AKM (mg/L) kullanılarak tahmin edilmeye çalışılmıştır. Ek Tablo 10'daki hata değerleri ile NSE katsayılarına göre, YSA yöntemi ile oluşturulan tahmin modellerinin en başarılı sonuçları verdiği görülmektedir. Farklı Mansap istasyonu kombinasyonları kullanılarak oluşturulan tahmin modelleri yoğun yük altındaki Y3 ve Y4 AKM gözlem istasyonlarına ait konsantrasyonları ile memba istasyonuna ait konsantrasyonunun başarılı bir şekilde modellenemediği anlaşılmıştır. Ancak Y2 AKM gözlem istasyonunun veri takımına dahil edildiği tahmin modellemesi ile memba istasyonuna ait konsantrasyonun başarılı şekilde tahmin edilebildiği anlaşılmıştır. ÇDURE yöntemi ile kurulan modeller eğitim ve test aşamalarında tatmin edici sonuçlar vermesine rağmen doğrulama aşamasında istenilen başarıya ulaşamamıştır.

M-10 tahmin modelinde Değirmendere Havzası çıkış noktasında bulunan sahil istasyonu (D4 AKM gözlem istasyonu) AKM (mg/L), Galanima Havzası çıkış noktasında bulunan sahil istasyonu (G4 AKM gözlem istasyonu) AKM (mg/L) tahmin modellemesi gerçekleştirilmiştir. En düşük hata değeri ve en yüksek NSE katsayısının YSA yöntemi ile kurulan model aracılığıyla elde edildiği Ek Tablo 10'da görülmektedir. G4 AKM gözlem istasyonuna ait AKM (mg/L) D4 AKM gözlem istasyonuna ait veriler kullanılarak başarılı şekilde tahmin edilebildiği anlaşılmıştır.

M-11 tahmin modelinde Değirmendere Havzası çıkış noktasında bulunan sahil istasyonu (D4 AKM gözlem istasyonu) AKM (mg/L), Yomra Havzası çıkış noktasında bulunan sahil istasyonu (Y4) AKM (mg/L) tahmin modellemesi gerçekleştirilmiştir. Eğitim ve test aşamalarında en düşük hata değeri ve en yüksek NSE katsayısının ÇDURE yöntemi ile kurulan model aracılığıyla, test aşamasında YSA yöntemi ile elde edildiği Ek Tablo 10'da görülmektedir. Kurulan modeller ile Y4 AKM gözlem istasyonuna ait konsantrasyonun D4 AKM gözlem istasyonuna ait veriler kullanılarak başarılı tahmin sonuçları elde edilemediği anlaşılmıştır. Bunun nedeni Y4 AKM gözlem istasyonunun doğal olmayan yoğun AKM

yüküne maruz kalmasıdır ve bu durumun da modellemelerin başarısı üzerinde olumsuz etkiler yarattığı anlaşılmıştır.

M-12 tahmin modelinde Galanima Havzası'nda bulunan AGİ'de (G2 AKM gözlem istasyonu) belirlenen Q (m^3/s) ile AKM (mg/L) tahmin edilmeye çalışılmıştır. Ek Tablo 10'da sunulan eğitim ve test aşamalarında en düşük hata değeri ve en yüksek NSE katsayısının ÇDURE yöntemi ile kurulan model aracılığıyla elde edilmesine rağmen test aşamasında aynı başarıyı elde edilememiş ve tahmin modellerinin başarısız olmasına neden olmuştur. G2 AKM gözlem istasyonu öncesinde akarsuya doğal olmayan yoğun AKM yükü katılımı sonucunda, M-12 tahmin modeli ile başarılı tahmin modeli kurulamamıştır.

M-13 tahmin modelinde Değirmendere Havzası'nda bulunan AGİ'de (D1 AKM gözlem istasyonu) belirlenen Q (m^3/s) ile AKM (mg/L) tahmin edilmeye çalışılmıştır. Eğitim aşamasında en düşük hata değeri ve en yüksek NSE katsayısının (Ek Tablo 10) ÇDURE yöntemi ile kurulan model aracılığıyla elde edilmiştir. Ancak doğrulama ve test aşamalarında YSA yöntemi daha başarılı tahmin sonuçları vermiş ve en iyi tahmin sonuçları YSA ile kurulan model aracılığıyla elde edilmiştir.

M-14 tahmin modelinde Değirmendere Havzası'nda bulunan D3 AKM gözlem istasyonuna ait gün ortası AKM (mg/L) ile gün doğumu AKM (mg/L) tahmini gerçekleştirilmiştir. Eğitim aşamasında en düşük hata değeri ve en yüksek NSE katsayısının ÇDURE yöntemi ile kurulan model aracılığıyla elde edilmesine rağmen doğrulama ve test aşamalarında YSA yöntemi daha başarılı tahmin sonuçları vermiş ve en iyi tahmin sonuçları YSA ile kurulan model aracılığıyla elde edilmiştir (Ek Tablo 10).

M-15 tahmin modelinde Değirmendere Havzası'nda bulunan D4 AKM gözlem istasyonuna ait gün ortası AKM (mg/L) ile gün doğumu AKM (mg/L) tahmini gerçekleştirilmiştir. En düşük hata değeri ve en yüksek NSE katsayısının YSA yöntemi ile gerçekleştirilen tahmin modellerinden elde edilmiştir (Ek Tablo 10).

M-16 tahmin modelinde bütün gözlem istasyonlarında belirlenen T değerlerinden AKM (mg/L) tahmini yapılmıştır. YSA yöntemi ile kurulan tahmin modellemesinin en düşük hata değeri ve en yüksek NSE katsayısını elde ettiği Ek Tablo 10'da görülmektedir. ÇRA yöntemi ile kurulan tahmin modeli YSA yöntemi kadar başarılı olmamakla birlikte, başarılı sayılabilecek tahmin sonuçları vermiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan ve Trabzon il sınırları içerisinde yer alan Galanima, Değirmendere ve Yomra akarsu havzalarında askıda katı madde konsantrasyonunun (AKM, mg/L) değişimi irdelenmiştir. Ölçümler Aralık 2019-Kasım 2022 tarihleri arasında 15 günlük periyotlarla gerçekleştirilmiş, yorumlamalar mevsimsel ve yıllık ortalamalar üzerinden yapılmıştır. Ayrıca akım gözlemlerinin mümkün olduğu Galanima ve Değirmendere Havzalarında AKM (mg/L)'e ek olarak debi (Q , m^3/s) takibi de 15 günlük periyotlarla gerçekleştirilmiştir.

Gözlem yapılan her üç havzada da havza içerisinde yürütülen faaliyetlerin AKM konsantrasyonunu artırıcı yönde etkiler yarattığı, memba istasyonlarında belirlenen konsantrasyonların mansap istasyonlarınınkinden düşük olduğu anlaşılmıştır. 36 aylık süre gözlem süresi boyunca Galanima, Değirmendere ve Yomra akarsu havzalarının taşımış oldukları ortalama AKM konsantrasyonları 57.39, 135.89 ve 535.90 mg/L olarak belirlenmiştir.

Akım gözlemlerinin gerçekleştirildiği akarsularda 36 aylık çalışma kapsamında en düşük ve en yüksek akımlar Galanima Akarsuyu için 2022 yılı sonbahar mevsiminde ve 2022 yılı ilkbahar mevsiminde; Değirmendere Akarsuyu için ise 2021 yılı kış mevsiminde ve 2022 yılı ilkbahar mevsiminde gerçekleşmiştir. Çalışma süresi kapsamında belirlenen ortalama debiler Galanima Akarsuyu'nda ortalama $2.34 m^3/s$, Değirmendere Akarsuyu'nda ise ortalama $21.62 m^3/s$ olarak elde edilmiştir. Değirmendere Akarsuyu'nun akım kapasitesinin Galanima Akarsuyu'na kıyasla 9.23 kat daha fazla olduğu ortaya konmuştur.

Akım gözlemlerinin gerçekleştirildiği Galanima ve Değirmendere havzalarında akım değerlerinin minimum ve maksimum olduğu zaman dilimlerinde mevsimsel AKM yükleri Galanima Havzası için sırasıyla 0.85 ve 11,906.12 t; Değirmendere Havzası için ise sırasıyla 69.55 ve 202,316.16 t olarak hesap edilmiştir.

36 aylık gözlem süresi boyunca Galanima Havzası'nda taşınan ortalama AKM yükü 3,568.35 t, Değirmendere Havzası'nda taşınan ortalama AKM yükü ise 27,124.01 t olarak hesap edilmiştir. Değirmendere Havzası'nın taşıdığı AKM yükünün Galanima Havzası'ninkine kıyasla yaklaşık 7.60 kat fazla değere ulaştığı belirlenmiştir. Maksimum yükler ile ortalama yükler dikkate alındığında Değirmendere Havzası'nın Galanima Havzası'ndan daha yoğun taşınımına sahip olduğu anlaşılmıştır. Çalışma kapsamında her bir

akarsu boyunca belirlenen dört AKM gözlem istasyonunda AKM konsantrasyonlarının değişimi irdelenmiştir. AKM konsantrasyonunun akarsu boyunca nasıl değiştiği konusunda genel yorumlamalara yer verilmiş, konsantrasyon değişimi üzerinde etkisi bulunabilecek durumlar hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

Aralık 2021-Kasım 2022 tarihleri arasını kapsayan zaman diliminde bütün gözlem havzalarında AKM konsantrasyonuna ek olarak bulanıklık (T, NTU) ölçümleri de gerçekleştirilmiştir. T ölçüm sonuçlarının AKM konsantrasyonu ile ilişkili olarak artış ve azalış gösterdiği belirlenmiştir. Havzalar özelinde havza içi faaliyetler ile orantılı olarak membadan mansaba doğru artış gösterdiği de değerlendirilmiştir.

Ayrıca, örnekleme çalışmaları süresince akarsu yatak düzenlemesi, yol genişletme çalışmaları gibi yapay müdahalelerin AKM konsantrasyonunu ve T'yi arttırıcı yönde etkilere sebep olduğu da belirlenmiştir.

Yoğun AKM taşınımına ve yüksek akım değerlerine sahip olan Değirmendere Havzası özelinde AKM konsantrasyonun insan kökenli faaliyetlerden ne derece etkilendiğini gözlemlemek amacıyla Aralık 2021-Kasım 2022 tarihleri arasında membadan mansaba günde iki kez olacak şekilde günde bir ve gün ortası zaman dilimlerinde AKM konsantrasyonu takibi yapılmıştır. Çalışma ilgili tarihler arasında haftalık periyotlarla yürütülmüş olup Q ve T parametrelerinin takibi de gerçekleştirilmiştir. Mamba istasyonlarında (D1 ve D2 AKM gözlem istasyonları) AKM konsantrasyonunda kayda değer bir artış gözlenmezken, mansap istasyonlarında (D3 ve D4 AKM gözlem istasyonları) AKM konsantrasyonun gün ortasında artış gösterdiği belirlenmiştir.

Gözlem havzalarında mansap istasyonlarında özellikle havza çıkış noktasından önce konumlandırılan istasyondan ve havza çıkış noktasında bulunan istasyona doğru akarsu yatak eğimleri düşmekte ve kesit alanı artmaktadır. Bütün havzalarda çıkış noktasındaki AKM konsantrasyonunun çıkış noktası öncesindeki konsantrasyona göre düşük olduğu gözlenmiştir.

Akarsu yüzey görüntüleriyle AKM konsantrasyonu sınıflandırmaya yönelik DÖ yöntemi ile gerçekleştirilen çalışmada, akarsu yüzey görüntüleri kullanılarak AKM konsantrasyonu değer aralıkları ile dört sınıflandırma grubu oluşturulmuştur. Oluşturulan bu modelin akarsu yüzey görüntülerini sınıflandırabilmesini çok yönlü, güvenilir bir şekilde yapabilme, belirlenen sınıflara başarıyla ayırt edebilme yeteneğine sahip olduğu anlaşılmıştır.

AKM tahmini için, regresyon analizi (RA), çok değişkenli uyarlanabilir regresyon eğrileri (ÇDURE) ve yapay sinir ağları (YSA) yöntemleri ile tahmin modelleri oluşturulmaya çalışılmıştır. Kurulan modellerde her bir havzanın memba istasyonuna ait AKM konsantrasyonları mansap istasyonlarına ait AKM konsantrasyonlarının tahmini, Değirmendere Havza'sı çıkış noktasında bulunan istasyonun konsantrasyon verileri ile bu istasyonun batı ve doğusunda konumlanan Galanima ve Yomra havzalarının çıkış noktasında bulunan istasyonun konsantrasyonlarının tahmini, akım gözlemlerinin mümkün olduğu Galanima ve Değirmendere havzalarında Q (m^3/s) verileri ile AKM konsantrasyonu tahmini, Değirmendere Havzası'nda gerçekleştirilen gün ortası AKM konsantrasyonları ile gün doğumu AKM konsantrasyonlarının tahmini ve son olarak da bütün havzalarda bir yıl boyunca tahmin yapılan T değerlerinden AKM tahmini yapılmıştır.

Mansap istasyonlarına ait AKM konsantrasyonları ile membada bulunan istasyonların konsantrasyonun tahminine yönelik kurulan tahmin modellerinde dış etkenler nedeniyle aşırı AKM yüküne maruz kalan havzalarda tahmin sonuçları başarısız olmaktadır. Doğal akışta olan ve aşırı beşeri etkiye maruz kalmayan havzalarda memba istasyonuna ait konsantrasyonların başarılı bir şekilde tahmin edilebildiği belirlenmiştir. Ayrıca, yoğun müdahalelerin tahmin performansını düşürücü nitelikte etkiler doğurduğu da tespit edilmiştir. Gün ortası saatlerinde belirlenen AKM konsantrasyonları ile aynı istasyona ait gündeğümü konsantrasyonlarının belirlenebildiği de anlaşılmıştır.

Doğal akış durumunda AGİ'lerde insan müdahalelerinin olmadığı durumda Q değerleri ile AKM konsantrasyonlarının tahmin edilebildiği de ortaya konmuştur. Ayrıca T değerleri ile AKM konsantrasyonunun oldukça başarılı şekilde belirlenebildiği sonucuna da varılmıştır.

Bu çalışma ile Trabzon ili için önemli yere sahip olan üç havzada AKM konsantrasyonu, Q ve T takibi gerçekleştirilmiştir. İlerleyen süreçte bu havzalara komşu konumda bulunan diğer havzaların da çalışma alanına dahil edilmesiyle daha geniş ölçekte çalışmalar planlanabilir. Farklı su kalitesi parametrelerinin de takip edilmesi ile aynı çerçevede kirlilik yüklerinin belirlenmesine yönelik çalışmaların yürütülmesi faydalı görülmektedir.

Havzalar özelinde bütüncül gerçekleştirilecek AKM konsantrasyonu haricinde diğer su kalite parametrelerinin takibine yönelik çalışmaların 15 günlük periyotlarla gerçekleştirilmesinin havza karakteristiklerinin daha iyi anlaşılmasında yeterli olduğu anlaşılmıştır. 15 günlük periyotlarla yürütülen bu çalışma ile her mevsimde altı adet

örnekleme gerçekleştirilmiş olup bu örneklemeler ile mevsimlerin yeterli derecede temsil edildiği gözlenmiştir. Üç yıllık gözlem süresi boyunca, tüm havzalarda dip ve pik değerlerine ait sonuçlar gözlemlenmiş ve bu zaman diliminde feyezan anı ölçümleri de yapılmıştır.

Galanima, Değirmendere ve Yomra havzalarının Karadeniz'e taşıdığı AKM'nin havza çıkış noktalarının yakınında bulunan balıkçı barınakları üzerinde olumsuz etkilerde bulunabileceği düşünülmektedir. Özellikle Değirmendere Akarsuyu'nun denize döküldüğü kısma oldukça yakın konumda bulunan Trabzon Limanı'nın bu taşınım ile birikmelerden etkilenebileceği, bu durumun gemi trafiği üzerine olumsuz etkiler oluşturabileceği değerlendirilmiştir. Değirmendere ve Yomra akarsularında özellikle mansap istasyonlarının yoğun AKM yüküne maruz kaldığı belirlenmiştir. Alıcı ortamı böylesine stres altına sokan etkilerin hafifletilmesi amacıyla deşarj yüklerinin noktasal konumlarının belirlenmesi ve ilgili konumlarda AKM yükünü azaltıcı önlemlerin alınması hem kıyıda bulunan yapıların korunmasına katkı sağlayacak, hem de akarsu kenarlarının rekreasyon alanı olarak kullanılmasını yaygınlaştıracaktır.

AKM konsantrasyonunun belirlenmesinde uzaktan algılama yöntemleri gibi örneklemeler sırasında insan kaynaklı hataların ve insan gücüne olan ihtiyacın azaltılmasına yönelik iyileştirmelerin, AKM konsantrasyonunun belirlenmesinde hem daha ekonomik hem de daha hızlı çözümler sunacağına inanılmaktadır. Bu sebeple, pilot noktalara tesis edilecek optik veya akustik algaçlar ile AKM konsantrasyonu takibi yaygınlaştırılmalıdır. Böylece, anlık olarak gerçek değerlere kolayca ulaşılabilecek, gözlem verisi olmayan havzalarda da takip imkanı sağlanacaktır.

Sunulan çalışmada AKM tahmini için ÇRA, ÇDURE ve YSA tahmin yöntemlerinden faydalanılmıştır. Bu amaçla gerçekleştirilecek ilerleyen çalışmalarda yeni geliştirilen tahmin yöntemleri ile AKM tahminine yönelik modellerin geliştirilmesi faydalı olacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Abdel-Hamid, O., Mohamed, A. R., Jiang, H., Deng, L., Penn, G. & Yu, D. (2014). Convolutional Neural Networks for Speech Recognition, *IEEE/ACM Trans. Audio, Speech, Language Process.*, 22(10), 1533-1545.
- Acar, V. (2022). *Derin Öğrenme Tabanlı Görüntü Gürültü Giderme için Yoğun Bağlantı Kullanan Yeni Yaklaşımlar*. İ.T.Ü., Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Afan, H. A., El-Shafie, A., Yaseen, Z. M., Hameed, M. M., Wan Mohtar, W. H. M. & Hussain, A. (2015). ANN Based Sediment Prediction Model Utilizing Different Input Scenarios. *Water Resour. Manag.*, 29(4), 1231-1245.
- Akar, A. (2009). *Karadeniz Sahil Yolu'nun Yapımı ile Değirmendere'nin Trabzon Limanı'na Olan Etkisinin Hidrografik Ölçmeler ve Uydu Görüntüleri ile İncelenmesi*. K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Alkan, A., Serdar, S., Fidan, D., Akbas, U., Zengin, B. & Kilic, M. B. (2013). Physico-chemical Characteristics and Nutrient Levels of the Eastern Black Sea Rivers. *Turkish J. Fish. Aquat. Sci.*, 13(5), 847-859.
- Alzubaidi, L., Zhang, J., Humaidi, A. J., Al-Dujaili, A., Duan, Y., Al-Shamma, O., Santamaria, H., Fadhel, M. A., Al-Amidie, M. & Farhan, L. (2021). Review of Deep Learning: Concepts, CNN Architectures, Challenges, Applications, Future Directions. *J.Big Data*, 8, 1-74.
- Atmaca, M. (2005). *Tarih İçinde Tonya*. Trabzon: Tonya Belediyesi Yayınları.
- Aydın, H. (2015). *Batlama Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi*. GR.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Giresun.
- Baki, O. T. (2016). *Atıksu Arıtma Tesislerinde Biyokimyasal Oksijen İhtiyacının Farklı Yapay Zeka Teknikleri ile Modellenmesi: Antalya Hurma Atıksu Arıtma Tesisi Örneği*. K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Baki, O. T., Karadeniz, G. E. ve Bayram, A. (2019). Estimation of Manganese (II) Ion Concentration from Turbidity Measurements from a Dam Reservoir: A Case Study from the Erfelek Dam (Sinop), Northeastern Turkey. *International The 1st Innovation, Sustainability, Technology and Education in Civil Engineering Conference (iSTE-CE'2019)*, s. 630-639. Hatay.
- Balasubramanian, S. V., Pahlevan, N., Smith, B., Binding, C., Schalles, J., Loisel, H., Gurlin, D., Greb, S., Alikas, K., Randla, M., Bunkei, M., Moses, W., Nguyễn, H., Lehmann, M. K., O'Donnell, D., Ondrusek, M., Han, T. H., Fichot, C, G., Moore, T. & Boss, E. (2020). Robust Algorithm for Estimating Total Suspended Solids (TSS) in Inland and Nearshore Coastal Waters. *Remote Sens. Environ.*, 246, 111768.

- Batur, E. (2019). *Uzaktan Algılama Verilerinden Su Kalitesi Parametrelerinin Tespit Edilmesi*, İ.T.Ü., Bilişim Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Bayram, A. & Kenanoğlu, M. (2016). Variation of Total Suspended Solids Versus Turbidity and Secchi Disk Depth in the Borçka Dam Reservoir, Çoruh River Basin, Turkey. *Lake Reserv. Manag.*, 32(3), 209-224.
- Bayram, A. (2011). *Harşit Çayı Su Kalitesinin Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi ve Askı Madde Konsantrasyonunun Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Tahmin Edilmesi*. K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Berkun, M., Aras, E. & Akdemir, U. O. (2015). Water Runoff, Sediment Transport and Related Impacts in the Southeastern Black Sea Rivers. *Environ. Eng. Manag. J.*, 14, 781-791.
- Beyazıt, M., & Avcı, İ. (2010). *Akarsularda Akım ve Sediment Taşınımı*. Birsen Yayınevi.
- Blumer, M., Blokker, P., Cowell, E. & Duckworth, D. F. (1972), *A Guide to Marine Pollution*. Gordon and Breach Science Publishers.
- Boran, M. & Sivri, N. (2001). Trabzon (Türkiye) İl Sınırları İçerisinde Bulunan Solaklı ve Sürmene Derelerinde Nütrient ve Askıda Katı Madde Yüklerinin Belirlenmesi, *Su Ürünleri Dergisi*, 18(3), 343-348.
- Celep, S. (2009). *Trabzon İli Yeraltı ve Yerüstü Sularının Hidrojeolojik, Hidrojeokimyasal İncelemesi ve Su Kalitesinin İzlenmesi*, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Cha, Y. J., Choi, W. & Büyüköztürk, O. (2017). Deep Learning-Based Crack Damage Detection Using Convolutional Neural Networks. *Comput.-Aided. Civ. Inf.*, 32(5), 361-378.
- Chin, D. A. (2000). *Water-Resources Engineering*, Prentice-Hall.
- Chollet, F. (2021). *Deep learning with Python*. Simon and Schuster.
- Cisty, M., Soldanova, V., Cyprich, F., Holubova, K. & Simor, V. (2021). Suspended Sediment Modelling with Hydrological and Climate Input Data. *J. Hydroinformatics*, 23(1), 192-210.
- Coudray, N., Ocampo, P. S., Sakellaropoulos, T., Narula, N., Snuderl, M., Fenyő, D. & Tsigos, A. (2018). Classification and Mutation Prediction from Non-Small Cell Lung Cancer Histopathology Images Using Deep Learning. *Nat. Med.*, 24(10), 1559-1567.
- Çelik, T. (2022). *Evrişimsel Sinir Ağı Destekli Şerit Takip Sistemi Tasarımı*, S.D.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Çitgez, T. (2017). *Farklı Arazi Kullanım Yoğunluğundaki İki Havzanın Su Verimi ve Kalitesinin Araştırılması*. D.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Düzce.

- Demir, Y. (2021). *Pediatric Akciğer Röntgen Görüntülerinden Evrişimsel Sinir Ağı ile Pnömoni Tespiti*. GŞ.Ü., Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane.
- Deng, L. & Yu, D. (2014). Deep Learning: Methods and Applications. *Found. Trends Signal Process.*, 7(3-4), 197-387.
- Dihkan, M. (2010). *Karadeniz Kıyısı Sularında AKM Parametresinin Uzaktan Algılanmış Görüntülerle Tespiti*. K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Dinçer, S. (2014). *Çanakçı Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi*. GR.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Giresun.
- D.S.İ. (2022). DSİ 2021 Yılı Resmi Su Kaynakları İstatistikleri. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/1622>. Erişim Tarihi 13.01.2023.
- Ehmann, K., Kelleher, C. & Condon, L. E. (2019). Monitoring Turbidity from Above: Deploying Small Unoccupied Aerial Vehicles to Image in-Stream Turbidity. *Hydrol. Process.*, 33(6), 1013-1021.
- Ekerçin, S. (2007). *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Entegrasyonu ile Tuz Gölü ve Yakın Çevresinin Zamana Bağlı Değişim Analizi*. İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Erdoğan, İ. (2019). *Doğu Karadeniz Havzası Akarsularında Su Kalitesinin İncelenmesi ve Askıda Katı Madde Konsantrasyonunun Tahmin Edilmesi*. K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Erüz, C. (1999). *Güneydoğu Karadeniz Kıyılarında Su Kütleleri ve Askıda Katı Maddelerin Mevsimsel Değişimi*, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Erüz, C., Köse, E., Güneröğlu, A., Başar, E., Sivri, N., Feyzioğlu, M. & Toraman, Ç. (2005). Doğu Karadeniz Akarsularında Askıda Katı Madde (AKM) Dinamiği. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 3(4), 235-239.
- Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. A., Ko, J., Swetter, S. M., Blau, H. M. & Thrun, S. (2017). Dermatologist-Level Classification of Skin Cancer with Deep Neural Networks. *Nature*, 542(7639), 115-118.
- Friedman, J. H. (1991). Multivariate Adaptive Regression Splines. *Ann. Stat.*, 19(1), 1-67.
- Gedik, K., Verap, B., Terzi, E. & Fevzioğlu, S. (2010). Fırtına Deresi (Rize)'nin Fiziko-Kimyasal Açından Su Kalitesinin Belirlenmesi. *Ekoloji*, 19(76), 25-35.
- Güngör, Ö. (2011). *Aşağı Porsuk Çayı Havzasında Askıda Katı Madde Taşınımının Belirlenmesi ve Modellenmesi*. ANA.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.
- Hacıfendioğlu, K., Başağa, H. B., Baki, O. T. & Bayram, A. (2022). Deep Learning-driven Automatic Detection of Mucilage Event in the Sea of Marmara, Turkey. *Neural. Comput. Appl.*, 35(9), 7063-7079.

- Haşlak, D. (2021). *Su Kalitesi Parametreleri ve Spektral Yansıma Değerleri Arasındaki İlişkinin Modellenmesinde İstatistiksel Analizler*. Ç.O.M.Ü., Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.
- Havaei, M., Davy, A., Warde-Farley, D., Biard, A., Courville, A., Bengio, Y. & Larochelle, H. (2017). Brain Tumor Segmentation with Deep Neural Networks. *Med. Image Anal.*, 35, 18-31.
- Hay, B. J. (1994). Sediment and Water Discharge Rates of Turkish Black Sea Rivers Before and After Hydropower Dam Construction. *Environ. Geol.*, 23(4), 276-283.
- Hosny, A., Parmar, C., Quackenbush, J., Schwartz, L. H. & Aerts, H. J. (2018). Artificial Intelligence in Radiology. *Nat. Rev. Cancer*, 18(8), 500-510.
- Idrees, M. B., Jehanzaib, M., Kim, D. & Kim, T. W. (2021). Comprehensive Evaluation of Machine Learning Models for Suspended Sediment Load Inflow Prediction in a Reservoir, Stoch. *Environ. Res. Risk Assess.*, 35(9), 1805-1823.
- İlhan, A. S. (2019). *Filyos Nehrindeki Askıda Katı Madde Miktarının Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi*. B.E.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak.
- İpek, G. G. (2021). *Güren Çayı (Cide-Kastamonu) Yüzey Suyu Kalitesinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Mekansal Analizi*. NEV.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir.
- Jain, S. K. (2001). Development of Integrated Sediment Rating Curves Using ANNs, *J. Hydraul. Eng.*, 127(1), 30-37.
- Jiang, D., Matsushita, B., Pahlevan, N., Gurlin, D., Lehmann, M. K., Fichot, C. G., Schalles, J., Loisel, H., Binding, C., Zhang, Y., Alikas, K., Kangro, K., Uusõue, M., Ondrusek, M., Greb, S., Moses, W. J., Lohrenz, S. & O'Donnell, D. (2021). Remotely Estimating Total Suspended Solids Concentration in Clear to Extremely Turbid Waters Using a Novel Semi-Analytical Method. *Remote Sens. Environ.*, 258, 112386.
- Karadağ, A. (2022). *Kızılırmak Nehrinden Alınan Su Numunelerine ait Bazı Parametrelerin Mevsimsel Olarak Fizikokimyasal Değişiminin Gözlemlenmesi*. NEV.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir.
- Karagül, R. (1999). Trabzon-Söğütlüdere Havzasında Farklı Arazi Kullanım Şekilleri Altındaki Toprakların Bazı Özellikleri ve Erozyon Eğilimlerinin Araştırılması. *Turk. J. Agric. For.*, 23, 53-68.
- Karagüllü, D. (2015). *Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Kullanılarak Trabzon İli Söğütlü (Kalanima) Deresi Su Kalitesi Parametrelerinin Değerlendirilmesi*. K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Kayaalp, N. (2003). *Dicle Havzasındaki Akarsularda Sediment Taşınımının Matematiksel Modellerle Belirlenmesi*. D.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır.

- Kılıçaslan, A. (1994). *Trabzon-Değirmendere Havzasının Beşeri ve İktisadi Coğrafya Özellikleri*. A.Ü., Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum.
- Kisi, O. & Yaseen, Z. M. (2019). The Potential of Hybrid Evolutionary Fuzzy Intelligence Model for Suspended Sediment Concentration Prediction. *Catena*, 174, 11-23.
- Kisi, O. & Parmar, K. S. (2016). Application of Least Square Support Vector Machine and Multivariate Adaptive Regression Spline Models in Long Term Prediction of River Water Pollution. *J. Hydrol.*, 534, 104-112.
- Kiş, Ö., Karahan, M. E. & Şen, Z. (2003). Nehirlerdeki Askı Maddesi Miktarının Bulanık Mantık ile Modellenmesi. *İTÜDERGİSİ/d*, 2(3), 43-54.
- Koralay, N., Kara, O. & Kezik, U. (2018). Effects of Run-of-the River Hydropower Plants on the Surface Water Quality in the Solakli Stream Watershed, Northeastern Turkey. *Wat. and Environ. J.*, 32(3), 412-421.
- LeCun, Y., Bengio, Y. & Hinton G. (2015). Deep learning. *Nat.*, 521(7553), 436-444.
- Leeuw, T. (2014). *Crowdsourcing Water Quality Data Using the iPhone Camera*. Maine Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Maine.
- Levenberg, K. (1944). A Method for the Solution of Certain Non-Linear Problems in Least Squares. *Q. Appl. Math.*, 2, 164-168.
- Lin, Y., Koprinska, I. & Rana, M. (2020). Temporal Convolutional Neural Networks for Solar Power Forecasting. In *2020 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, s. 1-8. Glasgow.
- Litjens, G., Kooi, T., Bejnordi, B. E., Setio, A. A. A., Ciompi, F., Ghafoorian, M. & Sánchez, C. I. (2017). A Survey on Deep Learning in Medical Image Analysis. *Med. Image Anal.*, 42, 60-88.
- Lund-Hansen, L. C. & Skyum, P. (1992). Changes in Hydrography and Suspended Particulate Matter During a Barotropic Forced Inflow. *Oceanol. Acta*, 15(4), 339-346.
- Luo, W., Shen, F., He, Q., Cao, F., Zhao, H. & Li, M. (2022). Changes in Suspended Sediments in the Yangtze River Estuary from 1984 to 2020: Responses to Basin and Estuarine Engineering Constructions. *Sci. Total Environ.*, 805, 150381.
- Lyu, S. & Liu, J. (2021). Convolutional Recurrent Neural Networks for Text Classification. *J. Database Manag.*, 32(4), 65-82.
- Makul, O. (2015). *Havza Yönetimine Yönelik Coğrafi Veri Tabanı Tasarımı: Trabzon Yomra Özdil Havzası Örneği*. K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Malthus, T. J., Ohmsen, R. & Woerd, H. J. V. D. (2020). An Evaluation of Citizen Science Smartphone Apps for Inland Water Quality Assessment. *Remote Sens.*, 12(10), 1578.

- Marquardt, D. W. (1963). An Algorithm for Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters. *SIAM J. Comp.*, 11, 431-441.
- Mete, B. (2020). *Tersip Bentlerinin Askıda Katı Madde Taşınımına Etkilerinin İncelenmesi: Sera Deresi Havzası (Trabzon) Örneği*, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Mete, B., Baki, O. T. & Bayram, A. (2022). Değirmendere, Yomra ve Galanima Akarsu Havzalarında (Trabzon) Askıda Katı Madde Taşınımının İncelenmesi ve Değerlendirilmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(3), 803-817.
- Moore, T. S. Dowell, M. D. Bradt, S. & Verdu, A. R. (2014). An Optical Water Type Framework for Selecting and Blending Retrievals from Bio-Optical Algorithms in Lakes and Coastal Waters. *Remote Sens Environ.*, 143, 97-111.
- Mutlu, T. (2019). *Doğu Karadeniz Havzasında Bazı Akarsuların Eser Element Düzeyleri ve Karadeniz'e Girdilerinin Duraylı Karbon ve Azot İzotop Oranlarıyla Belirlenmesi*. R.T.E.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Rize.
- Naruse, H. & Nakao, K. (2021). Inverse Modeling of Turbidity Currents Using an Artificial Neural Network Approach: Verification for Field Application. *Earth Surf. Dyn.*, 9(5), 1091-1109.
- Novoa, S., Doxaran, D., Ody, A., Vanhellemont, Q., Lafon, V., Lubac, B. & Gernez, P. (2017). Atmospheric Corrections and Multi-Conditional Algorithm for Multi-Sensor Remote Sensing of Suspended Particulate Matter in Low-to-High Turbidity Levels Coastal Waters. *Remote Sens. (Basel)*, 9(1), 61.
- Osmanoğlu, Ş. (2019). *Artvin'in Murgul Deresi'nde Su Miktarı, Su Kalitesi ve Askıda Sediment Değerlerinin Belirlenmesi*. A.Ç.Ü, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Artvin.
- Özsoy, S. (2007). *Su ve Yaşam: Suyun Toplumsal Önemi*. A.Ü., Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Özşeker, K. (2012). *Güneydoğu Karadeniz'de (Trabzon) Karasal Kökenli Ağır Metal Kirliliğinin Alansal ve Zamansal Dağılımı*. K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Öztemel, E. (2006). *Yapay Sinir Ağları*. Papatya Yayıncılık.
- Parlak, M. (2005). *Farklı Debi ve Eğim Koşullarının Parmak Erozyonu ve Sediment Taşınımı Üzerine Etkileri*. A.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- Ramalingam, S. & Chandra, V. (2018). Determination of Suspended Sediments Particle Size Distribution Using Image Capturing Method. *Mar. Georesources Geotechnol.*, 36(8), 867-874.
- Resmi Gazete. (2015). Yer Üstü Suları, Yer Altı Suları ve Sedimentten Numune Alma ve Biyolojik Örneklemeye Tebliği. Başbakanlık Basımevi 29274.

- Sari, V., dos Reis Castro, N. M. & Pedrollo, O. C. (2017). Estimate of Suspended Sediment Concentration from Monitored Data of Turbidity and Water Level Using Artificial Neural Networks, *Water Resour. Manag.*, 31, 4909-4923.
- Satılmış, U. (2015). *Değirmendere Havzası (Trabzon) Yerüstü Su Kalitesinin Mekana ve Zamana Bağlı Değişiminin İncelenmesi*. K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Sayın, A. (2000). *Değirmendere Havzasında Bazı Kirleticilerin Düzeyleri ve Ortama Etkileri*. K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Serdar, S. (2015). *Doğu Karadeniz Havzası Akarsularının Fiziko-Kimyasal Su Kalitesi Mevsimsel Değişimlerinin Belirlenmesi*. R.T.E.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Rize.
- Singh, D., Kumar, V., Yadav, V. & Kaur, M. (2021). Deep Neural Network-Based Screening Model for COVID-19-Infected Patients Using Chest X-Ray Images. *Intern. J. Pattern Recognit. Artif. Intell.*, 35(3), 2151004.
- Singh, K. P., Ankita, B., Amrita, M. & Gunja, J. (2009). Artificial Neural Network Modeling of the River Water Quality-a Case Study. *Ecol. Model.*, 220(6), 888-895.
- Sirabahenda, Z., St-Hilaire, A., Courtenay, S. C., Alberto, A. & Van Den Heuvel, M. R. (2017). A Modelling Approach for Estimating Suspended Sediment Concentrations for Multiple Rivers Influenced by Agriculture. *Hydrol. Sci. J.*, 62(13), 2209-2221.
- Sivakumar, B. (2006). Suspended Sediment Load Estimation and The Problem of Inadequate Data Sampling: a Fractal View. *Earth Surf Process Landf.*, 31(4), 414-427.
- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (2020). *Doğu Karadeniz Havzası Taşkın Yönetim Planının Hazırlanması Projesi Taslak Stratejik Çevresel Değerlendirme Raporu*. Ankara.
- Şantaflıoğlu, Ü. (2018). *Fatsa Çalışlar Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi*. GR.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Giresun.
- Şengün, E. (2013). *Aksu Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi*. GR.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Giresun.
- Taşpınar, B. (2016). *Salarha Havzası Akarsularında Evsel Atık Sulardan Dolayı Oluşabilecek Bakteriyolojik ve Deterjan Kökenli Kirliliğin Araştırılması*. R.T.E.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Rize.
- Thupaki, P., Phanikumar, M. S., Schwab, D. J., Nevers, M. B. & Whitman, R. L. (2013). Evaluating the role of sediment-bacteria interactions on Escherichia coli concentrations at beaches in southern Lake Michigan. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 118(12), 7049-7065.
- Toğaçar, M. (2021). *Tıbbi Beyin MR Görüntülerinde Kitle Tespiti için Yeni Bir Evrimsel Sinir Ağı Modelinin Geliştirilmesi*. F.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Lisans Tezi, Elazığ.

- Toprak, S. (2011). *Çok Değişkenli Uyarlamalı Regresyon Eğrileri ve Konik Programlama ile Zaman Serilerinin Modellenmesi*. D.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır.
- Trabzon İ.Ç.D.R. (2022). Trabzon İli 2021 Yılı Çevre Durum Raporu. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü.
- T.S.E. (2007). Su Kalitesi- Askıdaki Katı Maddelerin Tayini- Cam Elyaf Süzgeçler Kullanılarak Süzme Yöntemi. TS EN 872. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- T.S.E. (2013). Su Numunelerinin Muhafaza, Taşıma ve Depolanması için Kılavuz. TS EN ISO 5667-3. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- URL-1 U.S.G.S. (2022, Kasım 9). The Water Cycle, Turkish: <https://www.usgs.gov/media/images/su-d-ng-s-water-cycle-turkish>. adresinden alınmıştır.
- URL-2 T.U.H.K. (2022, Ekim 7). Türkiye Ulusal Hidroloji Topluluğu e-Bülteni, Mart 2020: <https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/KonuIcerik/1325/1678/DosyaGaleri/tuhk-bulteni-mart-2020.pdf>. adresinden alınmıştır.
- URL-3 M.G.M. (2022, Ekim 7). İllerimize ait Genel İstatistik Veriler: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H>. adresinden alınmıştır.
- URL-4 T.Ü.İ.K. (2023, Ocak 13). Nüfus İstatistikleri: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109>. adresinden alınmıştır.
- URL-5 T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (2023, Ocak 13). Arazi Kullanım Durumuna Göre Arazi Sınıflandırması: <https://corinecbs.tarimorman.gov.tr>. adresinden alınmıştır.
- Ustaoglu, F. (2017). *Pazarsuyu Deresi (Bulancak-Giresun) Su ve Sediment Kalitesinin Belirlenmesi*. GR.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Giresun.
- Usul, N. (2008). *Mühendislik Hidrolojisi*. ODTÜ Yayıncılık, Ankara.
- Ülke, A. Özkul, S. & Tayfur, G. (2011). Ampirik Yöntemlerle Gediz Nehri için Askıda Katı Madde Yüğü Tahmini. *Tek. Dergi*, 22(107), 5387-5407.
- Ülke, A. (2010). *Ege Bölgesi Doğal Akarsularında Katı Madde Taşınımı için Ampirik, Regresyon ve Yapay Zeka Yöntemlerinin Uygulanması*, D.E.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.
- Vantrepotte, V., Loisel, H., Dessailly, D. & Mériaux, X. (2012). Optical classification of contrasted coastal waters. *Remote Sens Environ.*, 123, 306-323.
- Verep, B., Serdar, O., Turan, D. & Şahin, C. (2005). İyidere (Trabzon)'nin Fizikokimyasal Açından Su Kalitesinin Belirlenmesi. *Ekoloji*, 14(57), 26-35.

- Wang, R., Li, Z., Cao, J., Chen, T. & Wang, L. (2019). Convolutional Recurrent Neural Networks for Text Classification. *In 2019 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, s. 1-6. Budapeşte.
- Yang, C. T. (2006). *Sediment Transport Theory and Practice*. McGraw-Hill , USA.
- Yerlikaya, F., Weber, G. W., Taylan, P., Batmaz, İ. & Köksal, G. (2008). MARS Algoritmasında Tikhonov Düzenlemesi ve Çok Amaçlı Optimizasyon Kullanımı. *Institute of Applied Mathematics*, Metu.
- Yıldız, İ. (2013). *Gelevera Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi*. GR.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Giresun.
- Yılmaz, B. (2016). *Çoruh Nehri Havzası'nda Taşınan Askıda Katı Madde Yükünün Farklı Yapay Zeka Teknikleri ile Modellenmesi*. K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Yıldız, H. İ. (2021). *Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Yüzeysel Sularda Kalite Tayini*. A.K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyon.
- Ying, J., Liang, K., Wu, Q., Xie, M., Jin, X., Ye, Q. & Yang, Z. (2020). Calculation of Suspended Sediment Concentration Based on Deep Learning and OBS Turbidity. *J. Coast Res.*, 115(SI), 627-630.
- Zhang, M., Dong, Q., Cui, T., Xue, C. & Zhang, S. (2014). Suspended Sediment Monitoring and Assessment for Yellow River Estuary from Landsat TM and ETM+ Imagery. *Remote Sens. Environ.*, 146, 136-147.

7. EKLER

Ek Tablo 1. 13.12.2019-16.11.2022 tarihleri arasında gerçekleştirilen çalışma takvimi

Ay	Çalışma Yılları		
	2020	2021	2022
Aralık	13.12.2019	8.12.2020	3.12.2021
	28.12.2019	23.12.2020	18.12.2021
Ocak	12.01.2020	7.01.2021	2.01.2022
	27.01.2020	22.01.2021	17.01.2022
Şubat	13.02.2020	6.02.2021	1.02.2022
	26.02.2020	21.02.2021	16.02.2022
Mart	12.03.2020	8.03.2021	3.03.2022
	27.03.2020	23.03.2021	18.03.2022
Nisan	-	7.04.2021	2.04.2022
	-	22.04.2021	17.04.2022
Mayıs	12.05.2020	7.05.2021	3.05.2022
	27.05.2020	22.05.2021	18.05.2022
Haziran	11.06.2020	6.06.2021	2.06.2022
	26.06.2020	21.06.2021	17.06.2022
Temmuz	11.07.2020	6.07.2021	2.07.2022
	26.07.2020	21.07.2021	17.07.2022
Ağustos	10.08.2020	5.08.2021	1.08.2022
	25.08.2020	20.08.2021	16.08.2022
Eylül	9.09.2020	4.09.2021	1.09.2022
	24.09.2020	19.09.2021	16.09.2022
Ekim	9.10.2020	4.10.2021	1.10.2022
	24.10.2020	19.10.2021	24.10.2022
Kasım	8.11.2020	3.11.2021	8.11.2022
	23.11.2020	18.11.2021	16.11.2022

Ek Tablo 2. Ölçüm ve örnekleme çalışmalarının yapıldığı tarihler

Ay	Çalışma Tarihi	Ay	Çalışma Tarihi
Aralık	2.12.2021	Haziran	2.06.2022
	10.12.2021		9.06.2022
	18.12.2021		17.06.2022
	25.12.2021		24.06.2022
Ocak	2.01.2022	Temmuz	2.07.2022
	9.01.2022		10.07.2022
	17.01.2022		17.07.2022
	24.01.2022		25.07.2022
Şubat	1.02.2022	Ağustos	1.08.2022
	8.02.2022		9.08.2022
	16.02.2022		16.08.2022
	23.02.2022		24.08.2022
Mart	3.03.2022	Eylül	1.09.2022
	10.03.2022		8.09.2022
	18.03.2022		16.09.2022
	25.03.2022		24.09.2022
Nisan	2.04.2022	Ekim	1.10.2022
	9.04.2022		9.10.2022
	17.04.2022		17.10.2022
	24.04.2022		24.10.2022
Mayıs	3.05.2022	Kasım	1.11.2022
	10.05.2022		8.11.2022
	18.05.2022		16.11.2022
	25.05.2022		23.11.2022

Ek Tablo 3. Kurulan AKM tahmin modelleri

Model Adı	Girdi	Çıktı
Model 1 (M-1)	G4	G1
Model 2 (M-2)	G4, G3	G1
Model 3 (M-3)	G4, G3, G2	G1
Model 4 (M-4)	D4	D1
Model 5 (M-5)	D4, D3	D1
Model 6 (M-6)	D4, D3, D2	D1
Model 7 (M-7)	Y4	Y1
Model 8 (M-8)	Y4, Y3	Y1
Model 9 (M-9)	Y4, Y3, Y2	Y1
Model 10 (M-10)	D4	G4
Model 11 (M-11)	D4	Y4
Model 12 (M-12)	QG	G2
Model 13 (M-13)	QD	D1
Model 14 (M-14)	D3	D3S
Model 15 (M-15)	D4	D4S
Model 16 (M-16)	T	AKM

Ek Tablo 4. ÇRA’da kullanılan fonksiyonlara ait denklem katsayıları

MA	G	FA	Ç	Katsayılar									
				W ₀	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅	W ₆	W ₇	W ₈	W ₉
M-1	G4	DF	G1	-0.004	0.896								
		ÜF		0.921	1.069								
		EF		0.033	-3.023	3.223							
		KF		0.153	-0.600	1.599							
M-2	G4, G3	DF	G1	0.001	1.307	-0.420							
		ÜF		0.893	1.498	-0.461							
		EF		0.088	-4.643	7.273	-2.347						
		KF		0.086	-0.017	-0.394	0.084	-1.288	2.613				
M-3	G4, G3, G2	DF	G1	0.013	1.143	-0.019	-0.291						
		ÜF		0.751	1.542	0.040	-0.666						
		EF		0.059	-3.476	5.530	-1.541	-0.472					
		KF		0.082	0.036	2.870	-0.020	1.004	-2.170	0.120	0.074	-0.196	-1.039
M-4	D4	DF	D1	0.127	0.210								
		ÜF		0.327	0.369								
		EF		-61.035	4.113	0.003							
		KF		-0.013	1.417	-1.406							
M-5	D4, D3	DF	D1	0.138	0.208	-0.052							
		ÜF		0.252	0.365	-0.144							
		EF		-61.328	4.118	0.003	-0.001						
		KF		-0.090	2.384	-1.911	0.131	0.286	-3.210				
M-6	D4, D3, D2	DF	D1	0.133	0.206	-0.060	0.021						
		ÜF		0.253	0.355	-0.162	0.040						
		EF		-61.072	4.114	0.003	-0.001	0.001					
		KF		-0.226	3.424	-3.294	0.892	0.621	-9.271	-0.213	0.082	-0.564	2.693
M-7	Y4	DF	Y1	0.065	0.520								
		ÜF		0.568	0.745								
		EF		0.148	-54.274	59.986							
		KF		0.235	-0.896	1.691							
M-8	Y4, Y3	DF	Y1	0.034	0.392	0.280							
		ÜF		0.834	0.472	0.516							
		EF		0.141	-99.688	48.069	101.455						
		KF		0.233	-0.869	1.647	-0.123	0.478	-0.125				

* Tablonun devamı bir sonraki sayfadadır.

* Tablonun devamı.

M-9	Y4, Y3, Y2	DF	Y1	0.007	-0.037	0.272	0.821					
		ÜF		1.238	-0.040	0.468	0.642					
		EF		0.141	-40.595	-19.592	42.632	38.174				
		KF		0.021	-0.234	-1.005	0.633	0.557	-0.187	0.911	-2.964	-8.105
M-10	D4	DF	G4	0.054	0.454							
		ÜF		0.504	0.788							
		EF		0.115	-4.591	4.354						
		KF		0.158	-0.311	0.907						
M-11	D4	DF	Y4	0.033	0.401							
		ÜF		0.482	0.973							
		EF		0.103	-6.873	7.402						
		KF		0.206	-0.949	1.740						
M-12	QG	DF	G2	-0.017	0.952							
		ÜF		0.968	1.096							
		EF		-0.042	-2.158	2.328						
		KF		0.087	0.093	0.887						
M-13	QD	DF	D1	-0.037	0.803							
		ÜF		0.899	1.324							
		EF		0.106	-5.945	6.239						
		KF		0.157	-0.520	1.399						
M-14	D3	DF	D3S	0.016	0.660							
		ÜF		0.711	1.009							
		EF		0.118	-5.856	6.307						
		KF		0.201	-0.745	1.564						
M-15	D4	DF	D4S	0.106	0.381							
		ÜF		0.448	0.538							
		EF		0.176	-23.318	25.548						
		KF		0.195	-0.294	0.751						
M-16	T	DF	AKM	0.013	0.840							
		ÜF		0.838	0.940							
		EF		-1.174	0.184	0.573						
		KF		0.028	0.689	0.225						
*MA: Model Adı				G: Girdi		FA: Fonksiyon Adı			Ç: Çıktı			

Ek Tablo 5. ÇDURE Tahmin Modellerinde Kullanılan BF_n Taban Fonksiyonları

Model Adı	Değişken	Taban Fonksiyonları
M-1	G4	$BF_1 = \max(0, 160.500)$
M-2	G4, G3	$BF_1 = \max(0, G4 - 160.500)$, $BF_3 = \max(0, G3 - 1.667) * BF_1$, $BF_9 = \max(0, G3 - 71.500)$
M-3	G4, G3, G2	$BF_1 = \max(0, G4 - 141.500)$, $BF_2 = \max(0, 141.500 - G4)$, $BF_3 = \max(0, G3 - 1.667) * BF_1$, $BF_4 = \max(0, G3 - 1.667)$, $BF_5 = \max(0, G2 - 1.333) * BF_3$, $BF_6 = \max(0, G2 - 1.333) * BF_4$, $BF_7 = \max(0, G3 - 71.500) * BF_2$, $BF_9 = \max(0, G2 - 1.333) * BF_1$
M-4	D4	$BF_1 = \max(0, 53.667 - D4)$
M-5	D4, D3	$BF_1 = \max(0, D4 - 2.000)$, $BF_3 = \max(0, 430.000 - D3) * BF_1$, $BF_5 = \max(0, 50.166 - D3)$, $BF_7 = \max(0, 12.833 - D4)$, $BF_9 = \max(0, 63.167 - D3) * BF_7$
M-6	D4, D3, D2	$BF_1 = \max(0, D4 - 2.000)$, $BF_2 = \max(0, D2 - 98.333) * BF_1$, $BF_4 = \max(0, D2 - 128.333) * BF_1$, $BF_6 = \max(0, D2 - 232.667) * BF_1$, $BF_8 = \max(0, D2 - 58.167) * BF_1$
M-7	Y4	$BF_1 = \max(0, Y4 - 1,630.000)$
M-8	Y4, Y3	$BF_1 = \max(0, 1,630.000 - Y4)$, $BF_6 = \max(0, Y3 - 2,076.500) * BF_2$, $BF_8 = \max(0, Y3 - 1,734.500)$, $BF_{10} = \max(0, Y3 - 1,417.170)$, $BF_{12} = \max(0, Y4 - 11.333) * BF_{10}$
M-9	Y4, Y3, Y2	$BF_1 = \max(0, Y2 - 1.000)$, $BF_3 = \max(0, Y3 - 2,396.670)$
M-10	D4	$BF_1 = \max(0, D4 - 344.833)$
M-11	D4	$BF_2 = \max(0, D4 - 344.833)$
M-12	QG	$BF_1 = \max(0, QG - 4.845)$
M-13	QD	$BF_1 = \max(0, QG - 49.000)$
M-14	D3	$BF_1 = \max(0, D3 - 273.833)$
M-15	D4	$BF_1 = \max(0, 182.833 - D4)$, $BF_4 = \max(0, D4 - 98.833)$, $BF_6 = \max(0, 116.815 - D4)$
M-16	T	$BF_1 = \max(0, T - 1,330.920)$, $BF_3 = \max(0, T - 1,741.550)$; $BF_5 = \max(0, T - 947.452)$; $BF_7 = \max(0, T - 556.118)$, $BF_9 = \max(0, T - 270.000)$; $BF_{11} = \max(0, 234.010 - T)$

*MA: Model Adı

Ek Tablo 6. Tahmin Modellerinde Kullanılan ÇDURE Fonksiyonları

MA	Değişken	ÇDURE Fonksiyonu
M-1	G4	$G1 = 29.3362 + 1.6239 * BF_1$
M-2	G4, G3	$G1 = 46.8818 + 0.00134755 * BF_3 - 0.402067 * BF_9$
M-3	G4, G3, G2	$G1 = 3.5842 - 0.00348817 * BF_3 + 1.3983 * BF_4 + 0.00000296969 * BF_5 - 0.00122628 * BF_6 - 0.0146836 * BF_7 + 0.000429458 * BF_9$
M-4	D4	$D1 = 65.6253 - 1.33478 * BF_2$
M-5	D4, D3	$D1 = 16.2391 + 0.447087 * BF_1 + 2.00419 * BF_3 - 11.9221 * BF_5 + 0.466878 * BF_9$
M-6	D4, D3, D2	$D1 = 11.4354 - 0.401879 * BF_2 + 0.202334 * BF_4 + 0.0417295 * BF_6 + 0.185538 * BF_8$
M-7	Y4	$Y1 = 175.82 + 0.720283 * BF_1$
M-8	Y4, Y3	$Y1 = 138.072 + 0.00172655 * BF_6 - 4.51483 * BF_8 + 2.29009 * BF_{10} + 0.000542025 * BF_{12}$
M-9	Y4, Y3, Y2	$Y1 = 101.716 + 0.642321 * BF_1 + 0.184683 * BF_3$
M-10	D4	$G4 = 50.305 + 1.43608 * BF_1$
M-11	D4	$Y4 = 477.797 + 2.6903 * BF_2$
M-12	Q _G	$AKM_G = 113.925 + 169.03 * BF_1$
M-13	Q _D	$AKM_D = 17.6656 + 34.2404 * BF_1;$
M-14	D3	$AKM_{D3} = 48.5359 + 2.29801 * BF_1;$
M-15	D4	$AKM_{D4} = -39.8283 + 1.46514 * BF_2 + 1.74796 * BF_4 - 1.74569 * BF_6$
M-16	T	$AKM = 161.842 - 3.7904 * BF_1 + 2.17802 * BF_3 + 2.98703 * BF_5 - 2.48678 * BF_7 + 2.36666 * BF_9 - 0.720695 * BF_{11}$
*MA: Model Adı		

Ek Tablo 7. ÇRA’da ile hesaplanan hata değerleri ve NSE katsayıları

MA	FA	Eğitim			Doğrulama			Test		
		OKHK	OMH	NSE	OKHK	OMH	NSE	OKHK	OMH	NSE
M-1	DF	191.267	91.155	-0.010	509.333	197.664	-2.426	89.585	60.214	-11.347
	ÜF	236.932	102.991	-0.055	332.888	140.827	-2.250	140.566	84.166	-11.729
	EF	111.568	89.148	-0.065	266.522	135.880	0.728	323.406	160.024	-9.304
	KF	250.389	52.798	-0.043	122.123	96.500	0.912	108.305	74.081	0.089
M-2	DF	183.717	93.044	-0.038	577.699	223.151	-4.406	116.576	75.287	-17.164
	ÜF	185.553	108.354	-0.056	538.019	211.827	-3.741	111.099	82.397	-19.986
	EF	101.474	90.197	-0.074	370.151	164.614	0.910	285.580	149.006	-27.832
	KF	216.058	41.626	-0.006	63.583	49.455	0.739	214.231	105.940	-0.245
M-3	DF	131.958	74.375	-0.057	418.482	202.354	-5.154	138.103	94.722	-14.478
	ÜF	123.399	85.657	-0.079	338.804	179.977	-6.915	216.847	130.202	-18.768
	EF	100.288	79.115	-0.074	93.585	75.744	0.657	476.577	199.063	-23.366
	KF	131.958	74.375	-0.318	476.638	195.020	0.696	667.143	258.554	0.612
M-4	DF	62.579	44.032	0.052	48.847	38.006	0.602	56.228	26.660	0.170
	ÜF	61.698	43.662	0.102	49.188	38.240	0.571	54.891	26.777	0.209
	EF	63.523	41.275	-0.004	48.037	35.356	0.672	59.618	22.522	0.067
	KF	58.442	42.344	0.277	65.661	41.665	-0.247	51.108	27.606	0.314
M-5	DF	62.507	43.989	0.056	49.108	38.202	0.578	56.956	26.805	0.148
	ÜF	61.571	43.876	0.109	49.113	38.377	0.578	57.058	26.940	0.145
	EF	63.364	41.611	0.005	48.063	35.321	0.669	60.286	23.198	0.046
	KF	56.895	43.619	0.354	58.135	43.149	-0.673	72.401	34.742	-0.377
M-6	DF	62.480	43.641	0.057	49.009	38.101	0.587	56.546	26.248	0.160
	ÜF	61.564	43.683	0.110	48.942	38.148	0.593	56.731	26.313	0.155
	EF	62.455	42.584	0.059	48.643	36.919	0.620	56.417	24.395	0.164
	KF	101.826	59.449	-8.265	82.622	45.823	-33.716	113.671	53.378	-2.393
M-7	DF	743.136	432.751	0.259	149.969	131.846	0.384	381.348	282.281	-0.372
	ÜF	758.381	414.146	0.228	138.223	104.898	0.476	399.166	264.880	-0.503
	EF	609.042	370.589	0.502	224.925	200.057	-0.387	336.492	287.069	-0.068
	KF	661.407	414.865	0.413	267.083	230.037	-0.955	321.960	253.459	0.022
M-8	DF	714.537	394.868	0.315	205.339	144.671	-0.156	335.962	241.986	-0.065
	ÜF	721.007	409.621	0.302	233.062	172.808	-0.489	319.616	230.159	0.036
	EF	563.471	308.619	0.574	207.627	176.752	-0.182	329.044	260.368	-0.021
	KF	622.922	364.201	0.479	256.717	209.072	-0.806	311.362	224.881	0.085
M-9	DF	592.330	335.048	0.529	230.652	185.977	-0.458	206.188	155.331	0.599
	ÜF	597.430	329.055	0.521	236.101	183.988	-0.528	210.542	141.130	0.582

* Tablonun devamı bir sonraki sayfadadır.

* Tablonun devamı.

M-9	EF	563.471	308.645	0.574	207.627	176.752	-0.182	329.044	260.368	-0.021
	KF	4,604.510	1,526.191	-27.459	688.116	474.190	-11.978	1,440.890	859.024	-18.586
M-10	DF	237.915	101.143	0.417	266.222	103.701	0.474	159.165	83.745	-0.036
	ÜF	238.213	101.307	0.415	264.368	101.100	0.482	163.302	82.668	-0.091
	EF	208.461	92.895	0.552	256.858	113.110	0.511	156.565	98.146	-0.003
	KF	209.344	94.784	0.548	240.500	108.796	0.571	157.847	98.325	-0.019
M-11	DF	1,278.930	752.273	-0.386	862.955	420.845	-0.314	204.195	144.881	-0.881
	ÜF	1,280.050	766.004	-0.388	874.650	448.165	-0.349	223.029	171.108	-1.244
	EF	1,214.500	730.579	-0.250	860.421	415.000	-0.306	191.790	125.498	-0.659
	KF	1,229.870	746.134	-0.281	868.874	421.615	-0.332	195.535	134.498	-0.725
M-12	DF	537.577	352.654	-0.075	318.678	200.127	-38.235	162.184	141.018	-4.551
	ÜF	478.006	262.370	0.150	168.002	105.862	-9.904	90.050	64.986	-0.711
	EF	535.431	345.773	-0.066	304.784	186.515	-34.888	150.588	131.126	-3.786
	KF	483.250	270.213	0.131	187.372	114.026	-12.564	89.666	66.023	-0.697
M-13	DF	315.252	226.222	0.293	124.783	100.771	-61.401	385.213	269.564	-700.144
	ÜF	307.701	222.056	0.326	108.389	91.346	-46.082	382.741	257.533	-691.174
	EF	127.679	69.868	0.884	28.376	27.660	-2.227	105.518	67.770	-51.609
	KF	181.862	105.447	0.765	28.991	26.079	-2.368	232.739	125.688	-254.943
M-14	DF	170.201	96.155	0.846	120.893	126.537	-56.646	102.858	68.264	-23.521
	ÜF	158.238	99.907	0.867	116.469	117.550	-52.505	95.233	56.276	-20.020
	EF	109.034	65.167	0.937	46.110	43.522	-7.386	32.944	23.291	-1.515
	KF	83.443	62.531	0.963	43.350	20.633	-6.412	23.769	16.602	-0.309
M-15	DF	286.027	150.758	0.583	87.207	85.448	-15.669	86.614	62.402	-1.853
	ÜF	275.256	156.244	0.614	97.289	92.002	-19.745	88.012	66.347	-1.946
	EF	219.234	155.303	0.755	135.564	113.142	-39.279	107.444	82.237	-3.390
	KF	242.382	166.023	0.700	124.972	102.148	-33.231	95.880	74.317	-2.496
M-16	DF	398.032	115.339	0.820	35.852	28.466	0.732	34.108	29.302	0.604
	ÜF	392.953	117.486	0.825	30.993	22.508	0.800	27.545	20.851	0.742
	EF	395.687	114.599	0.823	39.285	31.502	0.678	38.084	32.993	0.507
	KF	392.878	117.107	0.825	31.209	21.877	0.797	27.557	20.069	0.742

*MA: Model Adı

Ek Tablo 8. ÇDURE ile hesaplanan hata değerleri ve NSE katsayıları

MA	Eğitim			Doğrulama			Test		
	OKHK	OMH	NSE	OKHK	OMH	NSE	OKHK	OMH	NSE
M-1	191.333	92.020	0.870	515.440	200.258	-6.054	92.868	62.227	0.974
M-2	185.979	110.073	0.877	531.651	210.091	-6.505	105.522	80.609	0.967
M-3	65.161	23.594	0.985	479.346	172.825	-5.101	89.300	62.017	0.976
M-4	33.100	25.535	0.996	511.328	207.013	-5.942	111.332	86.930	0.963
M-5	194.621	91.474	0.865	651.249	249.963	-10.262	148.808	92.543	0.934
M-6	246.937	116.002	0.783	694.027	261.786	-11.790	150.232	95.061	0.932
M-7	35.585	15.909	0.995	941.702	301.361	-22.547	82.696	56.629	0.980
M-8	14.970	10.480	0.999	388.012	142.599	-2.998	67.163	40.835	0.986
M-9	164.074	71.148	0.904	591.736	242.964	-8.297	123.703	92.258	0.954
M-10	244.873	98.079	0.786	652.405	268.262	-10.302	135.761	92.835	0.945
M-11	60.363	23.502	0.987	845.339	268.217	-17.974	70.392	45.004	0.985
M-12	213.673	60.770	0.837	902.178	276.704	-20.612	106.377	69.524	0.966
M-13	32.579	14.032	0.052	8.847	8.006	0.602	56.228	26.660	0.170
M-14	31.698	13.662	0.102	9.188	8.240	0.571	54.891	26.777	0.209
M-15	33.523	11.275	-0.004	8.037	5.356	0.672	59.618	22.522	0.067
M-16	28.442	12.344	0.277	15.661	11.665	-0.247	51.108	27.606	0.314

*MA: Model Adı

Ek Tablo 9. YSA ile elde edilen başarılı modeller için hesaplanan hata değerleri ve NSE katsayıları

MA	Eğitim			Doğrulama			Test		
	OKHK	OMH	NSE	OKHK	OMH	NSE	OKHK	OMH	NSE
M-1 (15x0.5x1)	59.803	22.671	0.987	31.788	23.094	0.973	35.637	24.920	0.996
M-2 (5x0.1x0.5)	14.392	10.453	0.999	18.686	13.774	0.997	54.082	28.988	0.991
M-3 (5x1x0.5)	14.826	11.533	0.999	19.217	16.195	0.971	64.211	42.438	0.988
M-4 (8x0.5x1)	16.820	10.255	0.837	30.039	15.345	0.592	42.056	23.442	-0.322
M-5 (10x0.1x0.5)	31.867	15.899	0.413	24.936	18.082	0.719	37.966	21.331	-0.077
M-6 (5x1x0.5)	13.909	9.367	0.888	7.217	5.905	0.976	11.678	7.506	0.898
M-7 (20x0.1x0.1)	563.801	293.393	0.573	168.895	142.816	0.218	194.120	164.827	0.645
M-8 (20x0.5x0.1)	552.005	213.580	0.591	109.366	84.305	0.672	173.841	109.632	0.715
M-9 (15x0.5x0.1)	496.882	201.764	0.669	85.902	52.843	0.798	78.848	49.396	0.941
M-10 (15x1x0.1)	49.485	32.219	0.975	47.622	33.290	0.983	20.480	12.874	0.983
M-11 (15x0.1x0.5)	687.323	391.819	0.600	650.239	356.641	0.254	362.139	268.432	-4.916
M-12 (20x0.5x0.1)	432.090	162.978	0.306	52.374	39.367	-0.060	67.616	33.109	0.035
M-13 (20x0.1x0.1)	145.342	46.560	0.850	3.563	2.260	0.949	5.218	3.483	0.871
M-14 (20x0.5x1)	23.966	6.726	0.996	5.139	2.174	0.896	0.091	0.052	0.999
M-15 (20x0.5x0.1)	13.503	7.267	0.999	3.345	2.444	0.975	6.002	2.700	0.986
M-16 (10x1x0.5)	127.031	53.970	0.973	36.529	20.849	0.964	29.559	13.652	0.963

*MA: Model Adı

Ek Tablo 10. Tahmin modellerine ait en iyi tahmin sonuçları

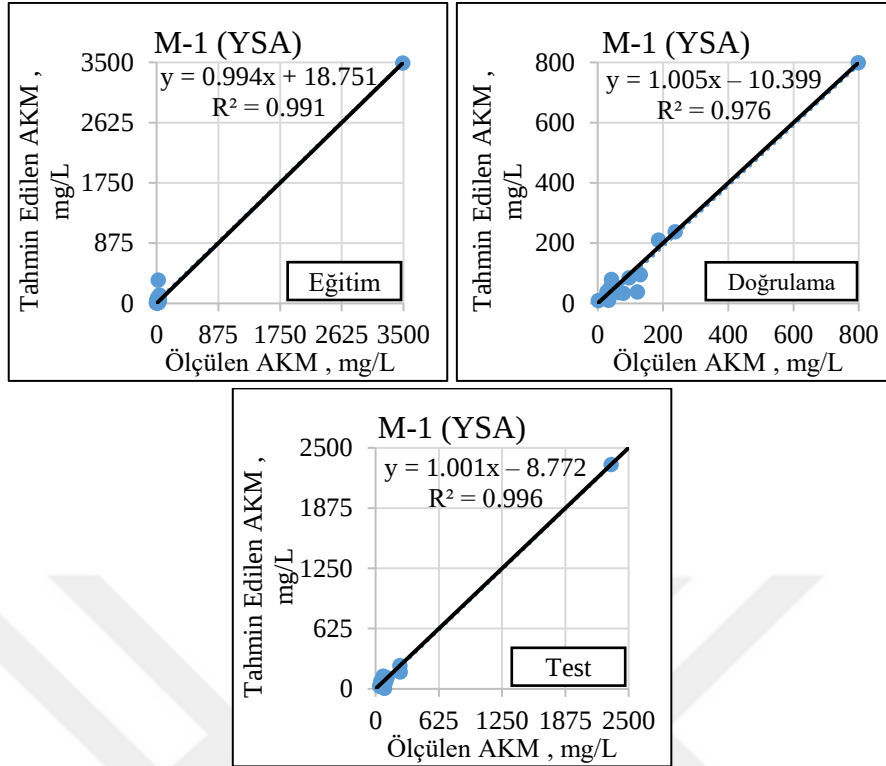
MA	YA	Eğitim			Doğrulama			Test		
		OKHK	OMH	NSE	OKHK	OMH	NSE	OKHK	OMH	NSE
M-1	ÇRA-KF	250.389	52.798	-0.043	122.123	96.500	0.912	108.305	74.081	0.089
	ÇDURE	191.333	92.020	0.870	515.440	200.258	-6.054	92.868	62.227	0.974
	YSA	59.803	22.671	0.987	31.788	23.094	0.973	35.637	24.920	0.996
M-2	ÇRA-KF	216.058	41.626	-0.006	63.583	49.455	0.739	214.231	105.94	-0.245
	ÇDURE	185.979	110.073	0.877	531.651	210.091	-6.505	105.522	80.609	0.967
	YSA	14.392	10.453	0.999	18.686	13.774	0.997	54.082	28.988	0.991
M-3	ÇRA-KF	131.958	74.375	-0.318	476.638	195.020	0.696	667.143	258.554	0.612
	ÇDURE	65.161	23.594	0.985	479.346	172.825	-5.101	89.300	62.017	0.976
	YSA	14.826	11.533	0.999	19.217	16.195	0.971	64.211	42.438	0.988
M-4	ÇRA-ÜF	61.698	43.662	0.102	49.188	38.240	0.571	54.891	26.777	0.209
	ÇDURE	33.100	25.535	0.996	511.328	207.013	-5.942	111.332	86.930	0.963
	YSA	16.820	10.255	0.837	30.039	15.345	0.592	42.056	23.442	-0.322
M-5	ÇRA-ÜF	61.571	43.876	0.109	49.113	38.377	0.578	57.058	26.940	0.145
	ÇDURE	194.621	91.474	0.865	651.249	249.963	-10.262	148.808	92.543	0.934
	YSA	31.867	15.899	0.413	24.936	18.082	0.719	37.966	21.331	-0.077
M-6	ÇRA-ÜF	61.564	43.683	0.110	48.942	38.148	0.593	56.731	26.313	0.155
	ÇDURE	246.937	116.002	0.783	694.027	261.786	-11.790	150.232	95.061	0.932
	YSA	13.909	9.367	0.888	7.217	5.905	0.976	11.678	7.506	0.898
M-7	ÇRA-ÜF	758.381	414.146	0.228	138.223	104.898	0.476	399.166	264.880	-0.503
	ÇDURE	35.585	15.909	0.995	941.702	301.361	-22.547	82.696	56.629	0.980
	YSA	563.801	293.393	0.573	168.895	142.816	0.218	194.120	164.827	0.645
M-8	ÇRA-EF	563.471	308.619	0.574	207.627	176.752	-0.182	329.044	260.368	-0.021
	ÇDURE	14.970	10.480	0.999	388.012	142.599	-2.998	67.163	40.835	0.986
	YSA	552.005	213.580	0.591	109.366	84.305	0.672	173.841	109.632	0.715
M-9	ÇRA-DF	592.330	335.048	0.529	230.652	185.977	-0.458	206.188	155.331	0.599
	ÇDURE	164.074	71.148	0.904	591.736	242.964	-8.297	123.703	92.258	0.954
	YSA	496.882	201.764	0.669	85.902	52.843	0.798	78.848	49.396	0.941
M-10	ÇRA-EF	208.461	92.895	0.552	256.858	113.110	0.511	156.565	98.146	-0.003
	ÇDURE	244.873	98.079	0.786	652.405	268.262	-10.302	135.761	92.835	0.945
	YSA	49.485	32.219	0.975	47.622	33.290	0.983	20.480	12.874	0.983
M-11	ÇRA-EF	1,214.500	730.579	-0.250	860.421	415.000	-0.306	191.790	125.498	-0.659
	ÇDURE	60.363	23.502	0.987	845.339	268.217	-17.974	70.392	45.004	0.985
	YSA	687.323	391.819	0.600	650.239	356.641	0.254	362.139	268.432	-4.916

* Tablonun devamı bir sonraki sayfadadır.

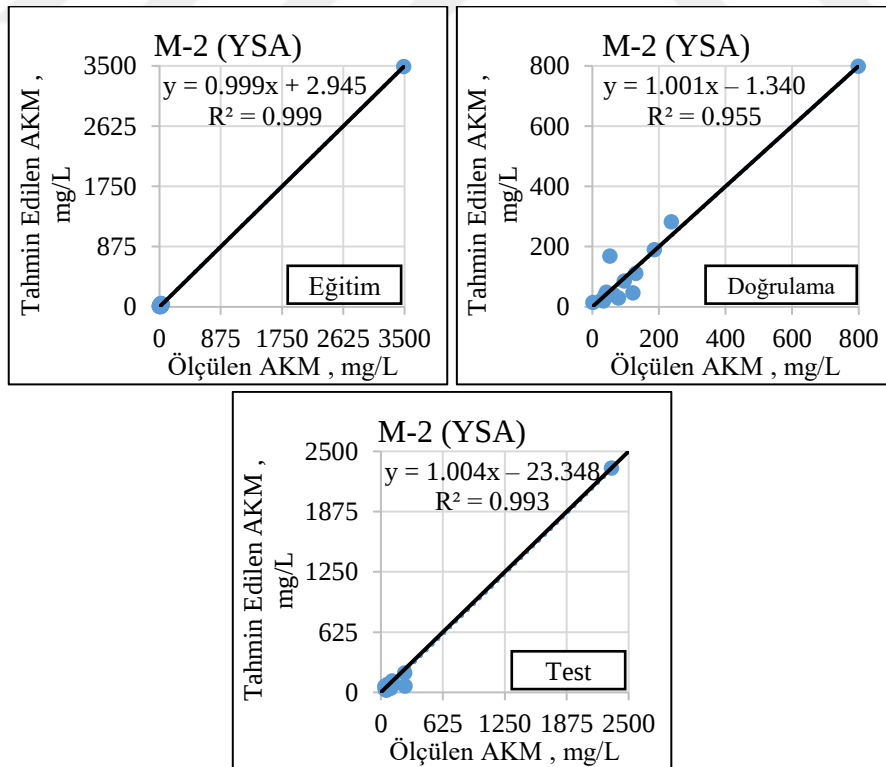
* Tablonun devamı.

M-12	ÇRA-ÜF	478.006	262.370	0.150	168.002	105.862	-9.904	90.050	64.986	-0.711
	ÇDURE	213.673	60.770	0.837	902.178	276.704	-20.612	106.377	69.524	0.966
	YSA	432.090	162.978	0.306	52.374	39.367	-0.060	67.616	33.109	0.035
M-13	ÇRA-EF	127.679	69.868	0.884	28.376	27.660	-2.227	105.518	67.770	-51.609
	ÇDURE	32.579	14.032	0.052	8.847	8.006	0.602	56.228	26.660	0.170
	YSA	145.342	46.560	0.850	3.563	2.2600	0.949	5.218	3.483	0.871
M-14	ÇRA-KF	83.443	62.531	0.963	43.350	20.633	-6.412	23.769	16.602	-0.309
	ÇDURE	31.698	13.662	0.102	9.188	8.240	0.571	54.891	26.777	0.209
	YSA	23.966	6.726	0.996	5.139	2.174	0.896	0.091	0.052	0.999
M-15	ÇRA-DF	286.027	150.758	0.583	87.207	85.448	-15.669	86.614	62.402	-1.853
	ÇDURE	33.523	11.275	-0.004	8.037	5.356	0.672	59.618	22.522	0.067
	YSA	13.503	7.267	0.999	3.345	2.444	0.975	6.002	2.700	0.986
M-16	ÇRA-ÜF	392.953	117.486	0.825	30.993	22.508	0.800	27.545	20.851	0.742
	ÇDURE	28.442	12.344	0.277	15.661	11.665	-0.247	51.108	27.606	0.314
	YSA	127.031	53.970	0.973	36.529	20.849	0.964	29.559	13.652	0.963

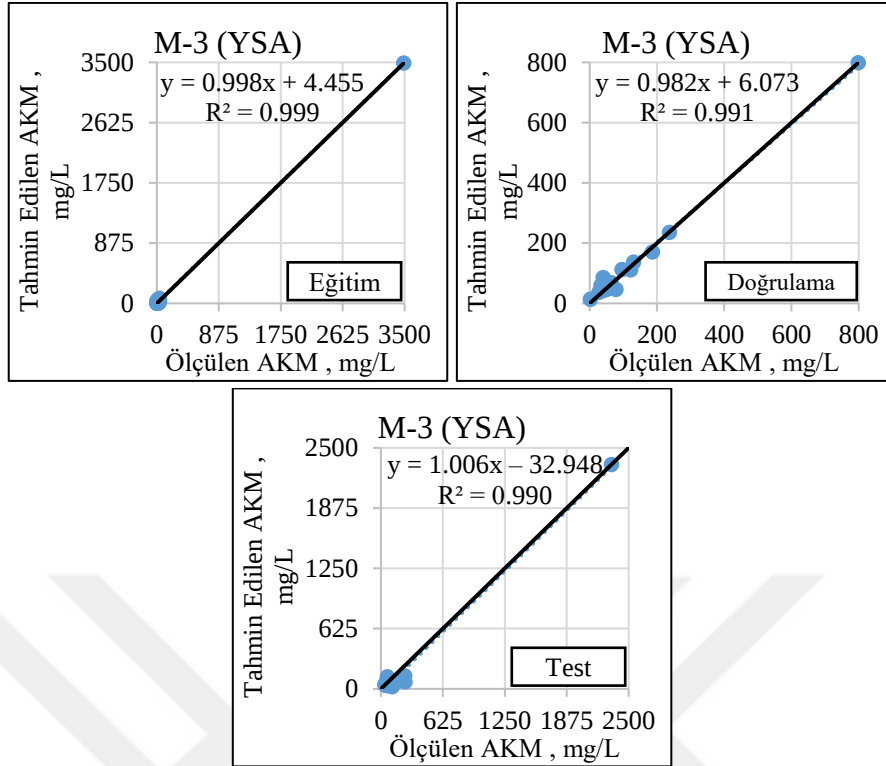
*MA: Model adı, YA: Yöntem adı



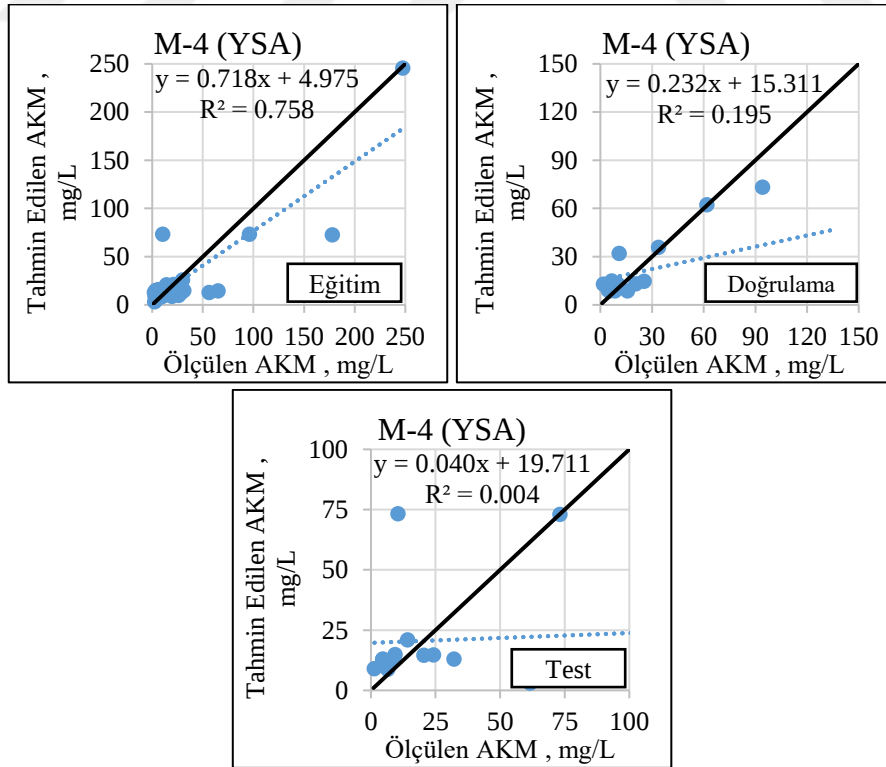
Ek Şekil 1. M-1 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri



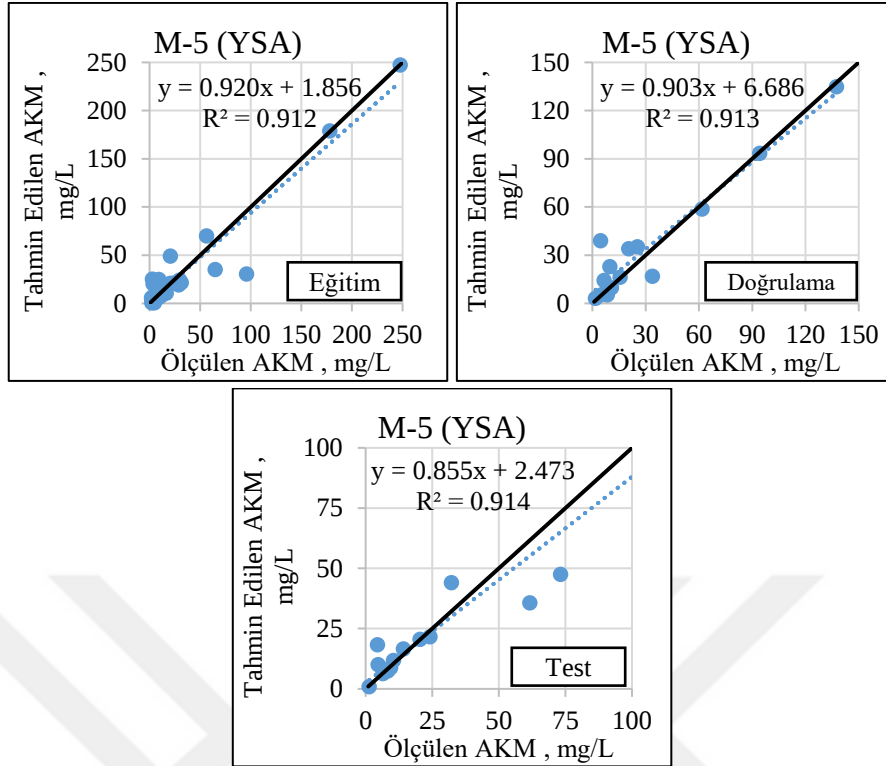
Ek Şekil 2. M-2 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri



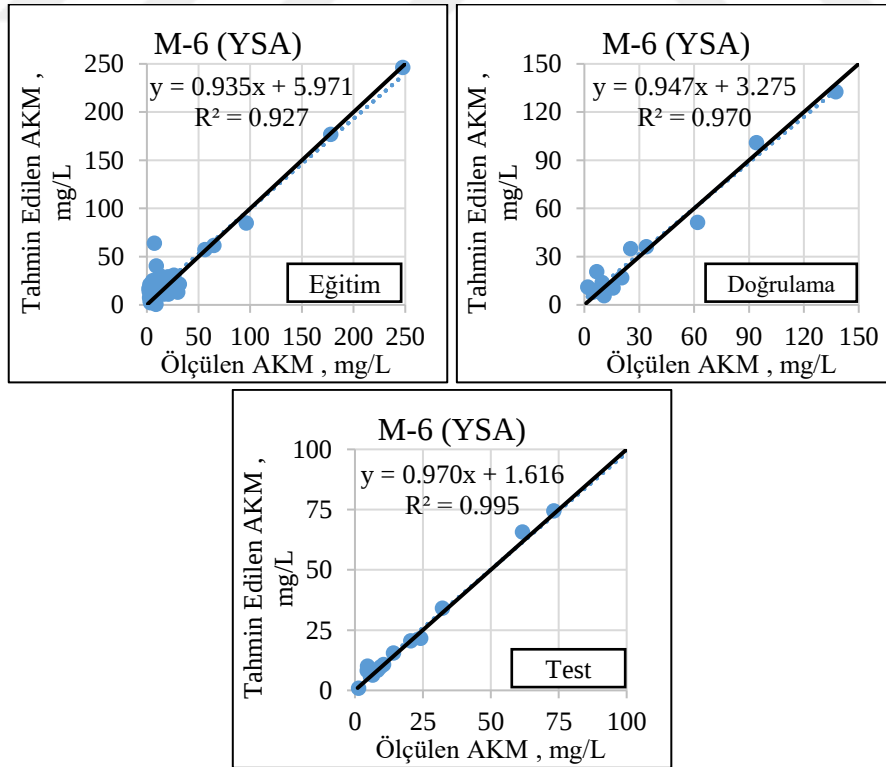
Ek Şekil 3. M-3 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri



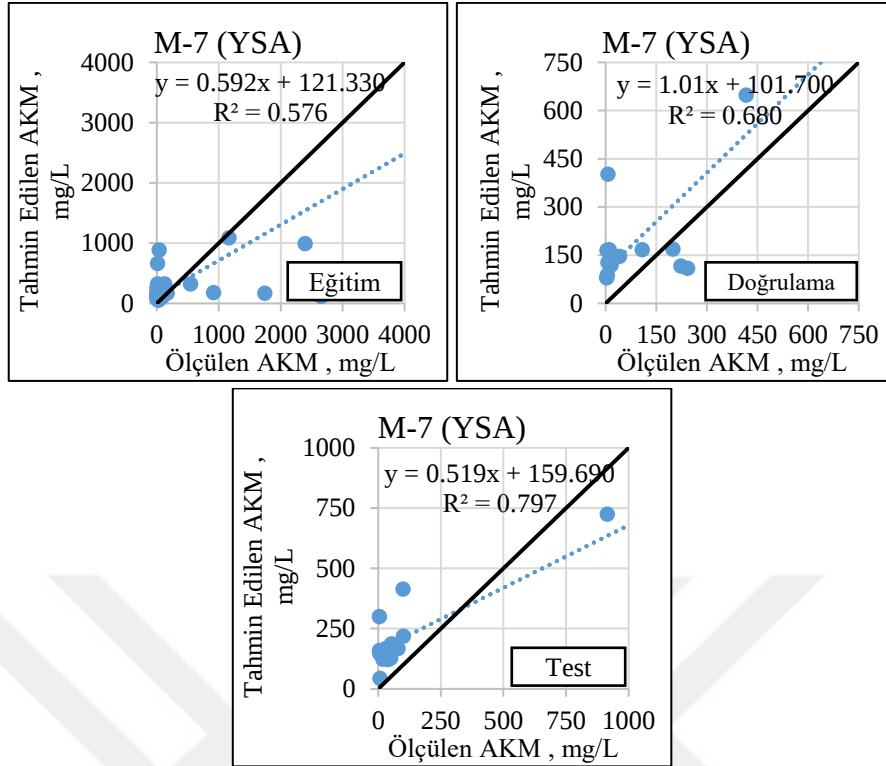
Ek Şekil 4. M-4 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri



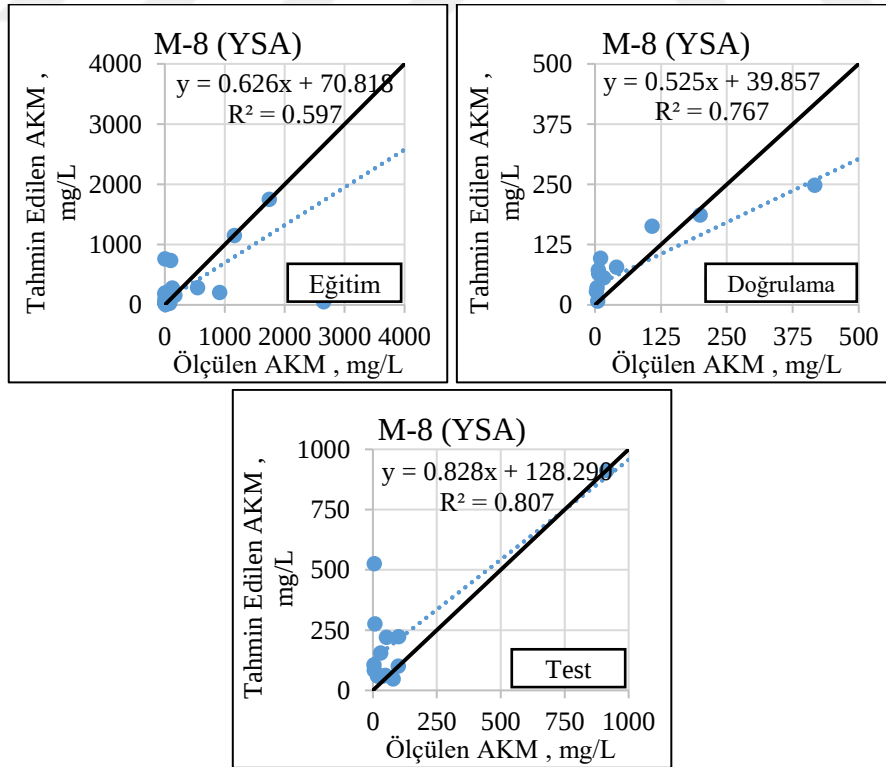
Ek Şekil 5. M-5 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri



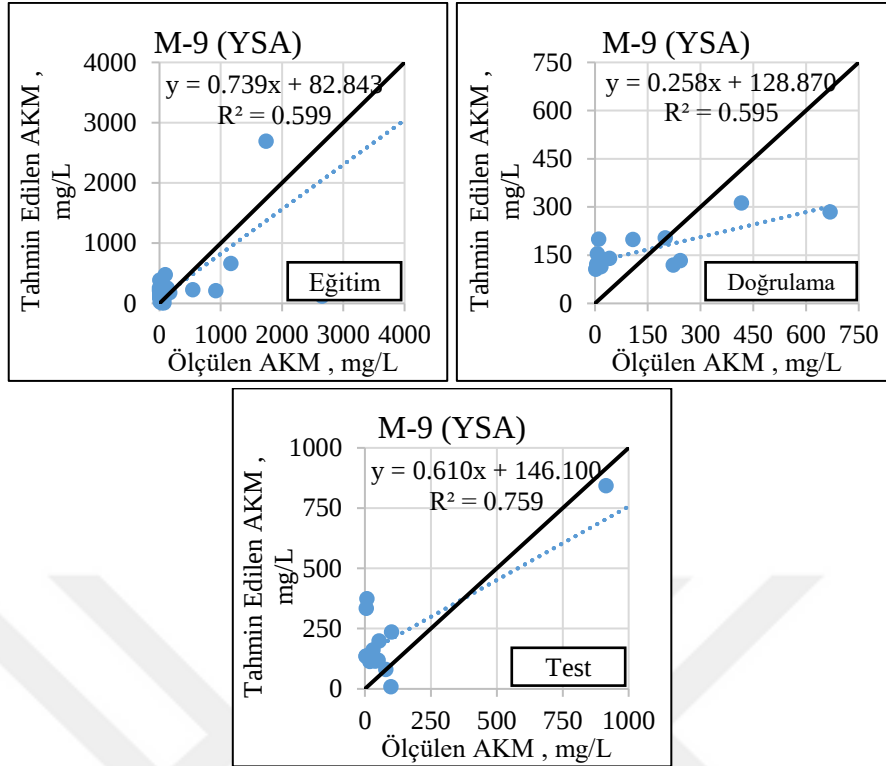
Ek Şekil 6. M-6 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri



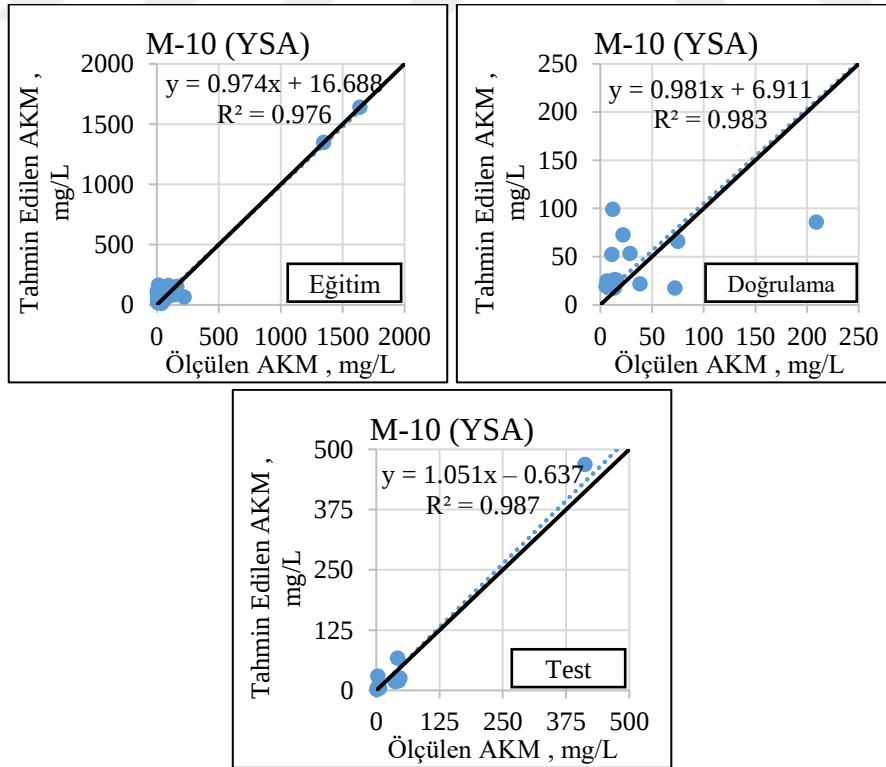
Ek Şekil 7. M-7 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri



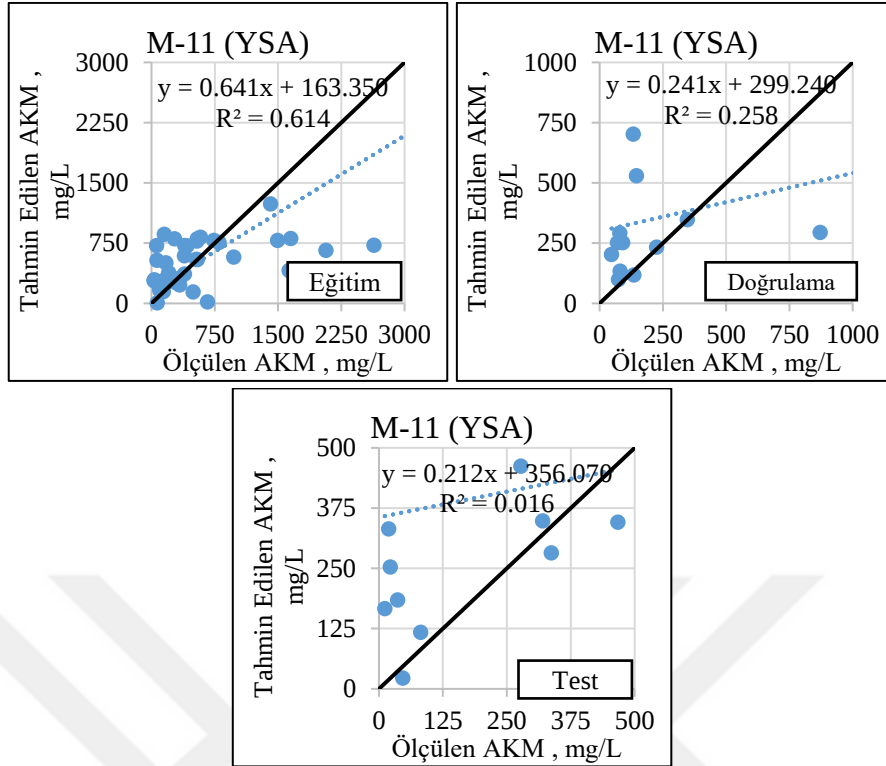
Ek Şekil 8. M-8 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri



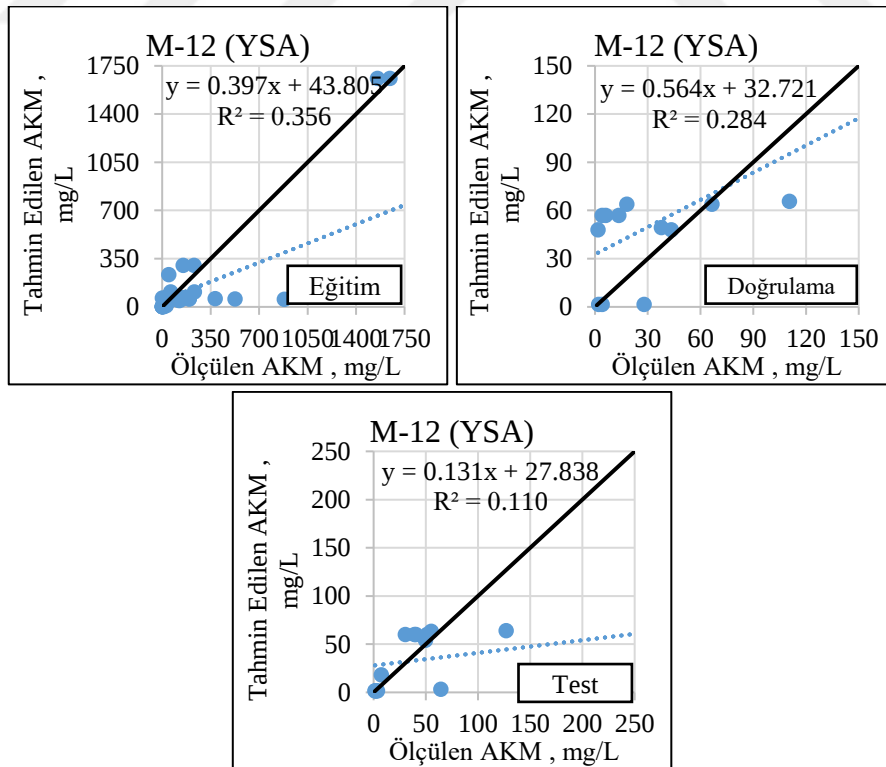
Ek Şekil 9. M-9 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri



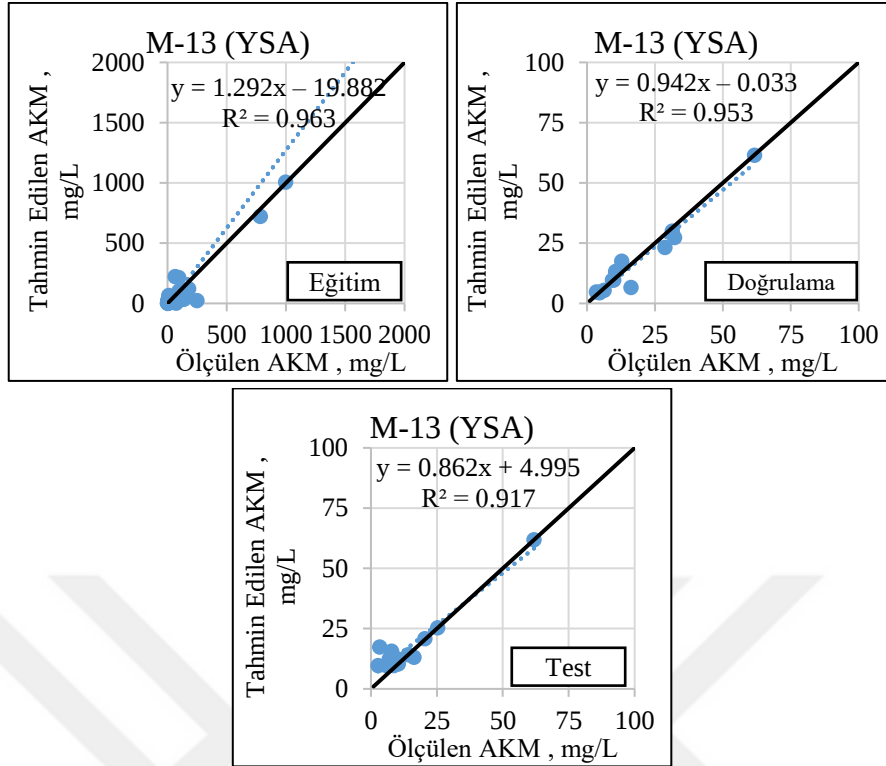
Ek Şekil 10. M-10 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri



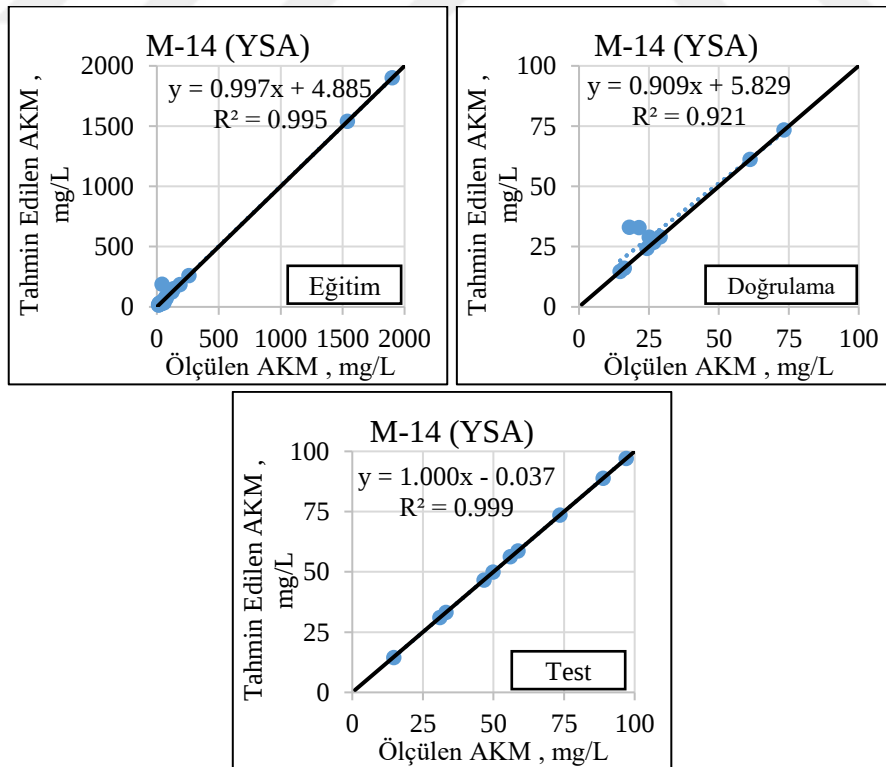
Ek Şekil 11. M-11 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri



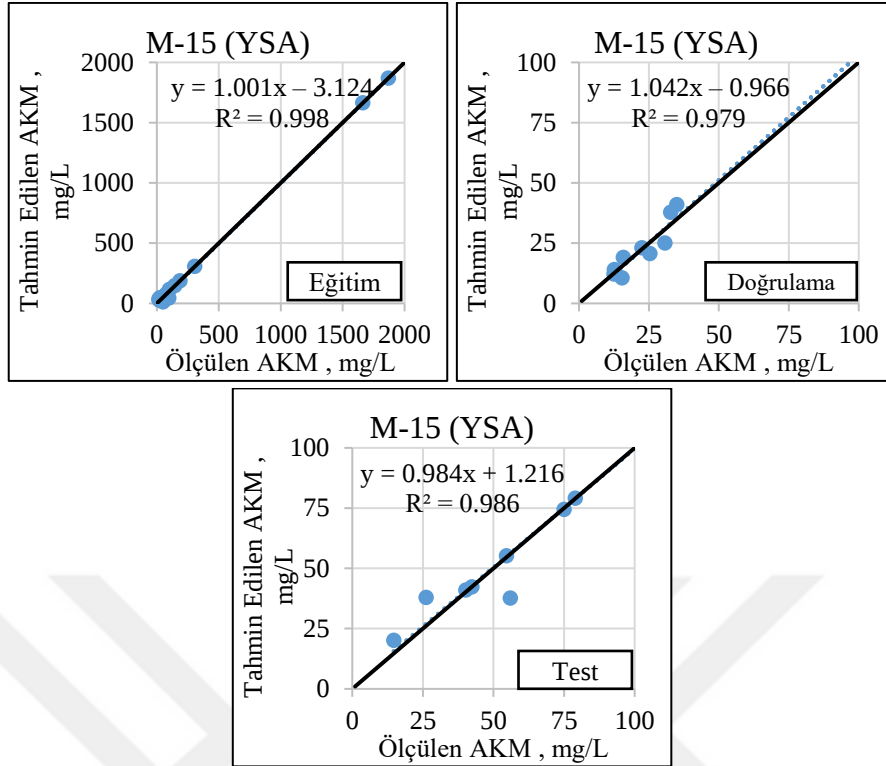
Ek Şekil 12. M-12 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri



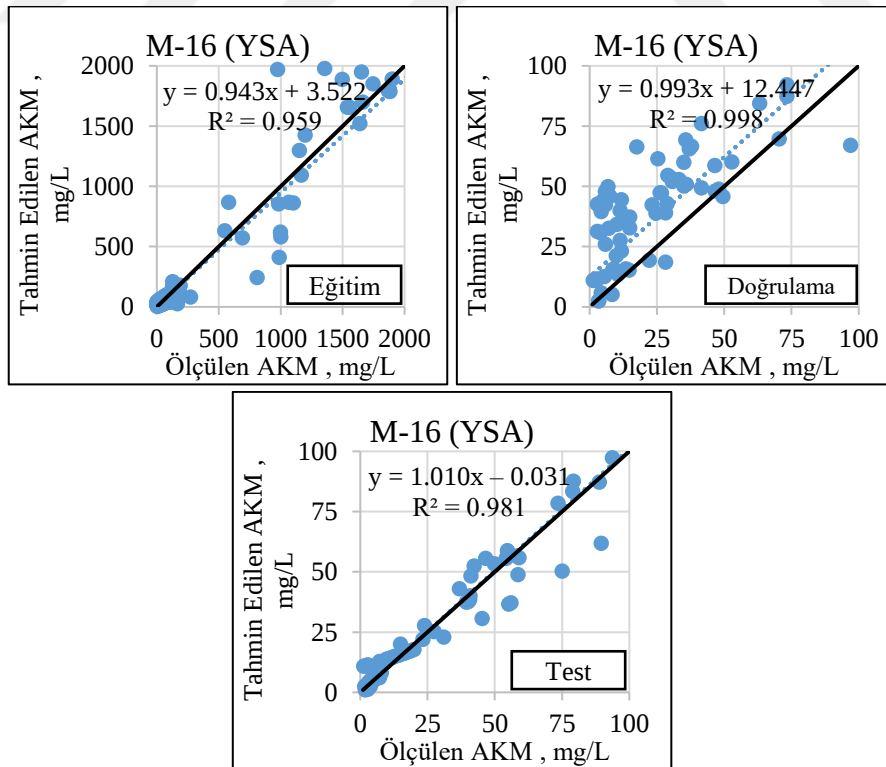
Ek Şekil 13. M-13 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri



Ek Şekil 14. M-14 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri



Ek Şekil 15. M-15 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri



Ek Şekil 16. M-16 için en iyi tahmin sonucunu elde eden tahmin modelinin saçılım grafikleri

ÖZGEÇMİŞ

İlk öğrenimini Dumlupınar İlköğretim, orta öğrenimini Cumhuriyet İlköğretim Okulu'nda ve lise öğrenimini ise Tevfik Serdar Anadolu Lisesi'nde tamamlamıştır. 2010-2014 yıllarında Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde mesleki eğitimini tamamlayarak inşaat mühendisi olarak mezun olmuştur. Mezun olduğu yıl yüksek lisans eğitimine Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başlamıştır. 2016 yılında yüksek lisans eğitimini tamamlayarak inşaat yüksek mühendisi unvanını almıştır. 2017 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde doktora eğitime başlamıştır. 19.11.2015 tarihinde Karadeniz Teknik Üniversitesi Of Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamıştır ve halen bu görevine devam etmektedir. Yabancı dil olarak İngilizce bilmektedir.