

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**HARŞİT ÇAYI SU KALİTESİNİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ  
VE ASKI MADDE KONSANTRASYONUNUN YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİ  
İLE TAHMİN EDİLMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**İnş. Yük. Müh. Adem BAYRAM**

**ARALIK 2011  
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**HARŞİT ÇAYI SU KALİTESİNİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ  
VE ASKI MADDE KONSANTRASYONUNUN YAPAY SINIR AĞLARI YÖNTEMİ  
İLE TAHMİN EDİLMESİ**

**İnşaat Yüksek Mühendisi Adem BAYRAM**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“DOKTOR (İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ)”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05.12.2011**

**Tezin Savunma Tarihi : 22.12.2011**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hızır ÖNSOY**

**Trabzon 2011**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında**

**Adem BAYRAM Tarafından Hazırlanan**

**HARŞİT ÇAYI SU KALİTESİNİN MEVSİMSSEL DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ  
VE ASKI MADDE KONSANTRASYONUNUN YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİ  
İLE TAHMİN EDİLMESİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 06 / 12 / 2011 gün ve 1432 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda**

**DOKTORA TEZİ**

**olarak kabul edilmiştir.**

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Prof. Dr. Hızır ÖNSOY**

**Üye : Prof. Dr. Mehmet BERKÜN**

**Üye : Prof. Dr. Hasan Basri ŞENTÜRK**

**Üye : Prof. Dr. Lokman ALTUN**

**Üye : Prof. Dr. Mustafa Yılmaz KILINÇ**

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**

**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak gerçekleştirilmiştir.

Doktora Tez çalışmam süresince çok kıymetli zamanlarını ayırıp, desteğini, emeğini, bilgi ve tecrübesini esirgemeyen danışman hocam, Prof. Dr. Hızır ÖNSOY'a katkılarından dolayı en içten şükranlarımı sunarım.

Değerli zamanlarını ayırarak tezimi değerlendiren hocalarım, Prof. Dr. Mehmet BERKÜN, Prof. Dr. Hasan Basri ŞENTÜRK, Prof. Dr. Lokman ALTUN ve Prof. Dr. Mustafa Yılmaz KILINÇ' a çok teşekkür ederim.

Çalışmamı en başından beri destekleyen hocalarım, Prof. Dr. Alemdar BAYRAKTAR, Prof. Dr. Mehmet TÜFEKÇİ, Prof. Dr. Cemal BIYIK ve Doç. Dr. Murat İhsan KÖMÜRCÜ'ye çok teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen yakın arkadaşlarım Yrd. Doç. Dr. Murat KANKAL, Dr. Mustafa DURMAZ, Yrd. Doç. Dr. Tayfun DEDE, Yrd. Doç. Dr. Hasan Basri BAŞAĞA, Yrd. Doç. Dr. Volkan Numan BULUT, Yrd. Doç. Dr. Ali GÜNDOĞDU, Teknisyen Yüksel HARDAL, dayılarım Aydın BAYRAK ile Zekeriya BAYRAK'a teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca üzerimde emeği olan hocalarıma teşekkür ederim.

Ayrıca, bu çalışmayı 2007.118.01.2 kod numaralı araştırma proje kapsamında destekleyen Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimine teşekkür ederim.

Gerek arazi gerekse laboratuvar çalışmaları dahil Doktora Tez çalışmam sırasında büyük bir anlayış ve fedakarlık örneği gösteren, desteğini bir kez olsun esirgemeyen sevgili eşim Öğr. Gör. Şule BIYIK BAYRAM'a ve canım kızım Nazlı Meryem'e çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi her türlü desteği sağlayan, bu günlere gelme sebebim canım annem ve babama tüm kalbimle teşekkür ederim.

Bu çalışmanın bilime, bölgemize ve ülkemize yararlı olmasını dilerim.

Adem BAYRAM

Trabzon 2011

## **TEZ BEYANNAMESİ**

Doktora Tezi olarak sunduğum “**Harşit ayı Su Kalitesinin Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi ve Askı Madde Konsantrasyonunun Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Tahmin Edilmesi**” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Hızır ÖNSOY’un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırıldığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdığımı, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

**05 / 12 / 2011**

**Adem BAYRAM**

## İÇİNDEKİLER

|  | <u>Sayfa No</u> |
|--|-----------------|
| ÖNSÖZ.....   | III             |
| TEZ BEYANNAMESİ.....   | IV              |
| İÇİNDEKİLER.....   | V               |
| ÖZET .....   | X               |
| SUMMARY .....  | XI              |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....   | XII             |
| TABLolar DİZİNİ.....   | XV              |
| SEMBOLLER DİZİNİ .....   | XVIII           |
| 1. GENEL BİLGİLER .....  | 1               |
| 1.1. Su.....   | 1               |
| 1.2. Atık ve Atıksu .....  | 4               |
| 1.3. Ülkemiz Su Kaynakları .....   | 5               |
| 1.4. Ülkemiz Su Kaynakları ile Su Tüketiminin Karşılaştırılması.....             | 8               |
| 1.5. Ülkemiz Su Kaynakları Standart ve Yönetmelikleri.....                       | 9               |
| 1.5.1. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği .....                                   | 9               |
| 1.5.2. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik.....                      | 11              |
| 1.5.3. TS (Türk Standardı) 266 .....   | 12              |
| 1.6. Literatür Araştırması .....   | 14              |
| 1.6.1. Yüzeysel Su Kalitesine Yönelik Çalışmalar .....                           | 14              |
| 1.6.2. Kentleşmenin ve Kentsel Atıksuların Yüzeysel Su Kalitesine Etkileri ..... | 16              |
| 1.6.3. Barajların Askı Maddesi ve Yüzeysel Su Kalitesine Olan Etkileri.....      | 18              |
| 1.6.4. Yüzeysel Suların Kendi Kendine Arıtımına Yönelik Çalışmalar .....         | 20              |
| 1.6.5. Su Kalitesi Modelleme Çalışmaları .....                                   | 21              |
| 1.6.5.1. Su Kalitesi Modelleme Çalışmalarında Yapay Sinir Ağları Yöntemi .....   | 21              |
| 1.6.5.2. Askıda Katı Madde ve Tahminine Yönelik Çalışmalar .....                 | 23              |
| 1.7. Çalışmanın Gerçekleştirildiği Harşit Çayı Havzası .....                     | 26              |
| 1.7.1. Coğrafi Konum.....  | 26              |
| 1.7.2. Yer Şekilleri .....   | 28              |
| 1.7.3. İklimin Genel Özelliği.....   | 29              |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| 1.7.3.1.  | Sıcaklık Durumu .....  | 29 |
| 1.7.3.2.  | Yağış Durumu .....   | 29 |
| 1.7.4.    | Bitki Örtüsü .....   | 30 |
| 1.7.5.    | Akarsular ve Göller .....                                      | 31 |
| 1.8.      | Harşit Çayı Havzasında Yürütülen Akım Gözlem Çalışmaları ..... | 32 |
| 1.9.      | Çalışmanın Amacı .....   | 35 |
| 1.10.     | Çalışma Kapsamında İncelenen Su Kalite Parametreleri .....     | 37 |
| 1.10.1.   | Çözünmüş Oksijen .....   | 38 |
| 1.10.2.   | Sıcaklık .....   | 38 |
| 1.10.3.   | Elektriksel İletkenlik .....                                   | 39 |
| 1.10.4.   | Bulanıklık .....   | 39 |
| 1.10.5.   | Askıda Katı Madde .....  | 39 |
| 1.10.6.   | pH .....   | 40 |
| 1.10.7.   | Nitrit ve Nitrat .....   | 41 |
| 1.10.8.   | Amonyum .....  | 42 |
| 1.10.9.   | Kjeldahl Azotu .....   | 42 |
| 1.10.10.  | Fosfor .....   | 42 |
| 1.10.11.  | Deterjan .....   | 43 |
| 1.10.12.  | Kimyasal Oksijen İhtiyacı .....                                | 44 |
| 1.10.13.  | Toplam Organik Karbon .....                                    | 44 |
| 1.10.14.  | Toplam Sertlik .....   | 45 |
| 1.10.15.  | Demir .....  | 46 |
| 1.10.16.  | Mangan .....   | 47 |
| 1.10.17.  | Alüminyum .....  | 47 |
| 1.10.18.  | Krom .....   | 48 |
| 1.11.     | Yapay Sinir Ağları .....                                       | 49 |
| 1.11.1.   | Giriş .....  | 49 |
| 1.11.2.   | Çok Katmanlı Algılayıcı .....                                  | 50 |
| 1.11.2.1. | ÇKA Model Yapısı .....   | 50 |
| 1.11.2.2. | ÇKA Ağının Öğrenme Kuralı .....                                | 51 |
| 1.11.2.3. | ÇKA Ağının Çalışma Adımları .....                              | 54 |
| 2.        | YAPILAN ÇALIŞMALAR .....                                       | 55 |
| 2.1.      | Çalışmanın Yapıldığı Harşit Çayı Havzası .....                 | 55 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 2.2.    | Gözlem İstasyonlarının Belirlenmesi.....                                    | 57 |
| 2.2.1.  | H1 İstasyonu (Tohumoğlu).....   | 59 |
| 2.2.2.  | H2 İstasyonu (Tekke).....   | 60 |
| 2.2.3.  | H3 İstasyonu (Akçakale).....  | 61 |
| 2.2.4.  | H4 İstasyonu (Gümüşhane).....   | 62 |
| 2.2.5.  | H5 İstasyonu (Torul 1).....   | 63 |
| 2.2.6.  | H6 İstasyonu (Torul 2).....   | 64 |
| 2.2.7.  | H7 İstasyonu (Torul HES).....   | 65 |
| 2.2.8.  | H8 İstasyonu (Kürtün).....  | 66 |
| 2.2.9.  | H9 İstasyonu (Doğankent).....   | 67 |
| 2.2.10. | H10 İstasyonu (Tirebolu).....   | 68 |
| 2.3.    | Çalışmanın Gerçekleştirildiği Dönem.....                                    | 69 |
| 2.4.    | Harşit Çayı'nda Ölçülen Su Kalite Parametreleri ve Ölçüm Prensipleri.....   | 70 |
| 2.4.1.  | Çözünmüş Oksijen Ölçüm Prensibi.....  | 71 |
| 2.4.2.  | Sıcaklık Ölçüm Prensibi.....  | 72 |
| 2.4.3.  | pH Ölçüm Prensibi.....  | 72 |
| 2.4.4.  | Elektriksel İletkenlik Ölçüm Prensibi.....                                  | 73 |
| 2.4.5.  | Bulanıklık Ölçüm Prensibi.....  | 74 |
| 2.5.    | Akarsudan Ham Su örneklerinin Alınması ve Muhafazası.....                   | 74 |
| 2.6.    | Yüzeysel Ham Su Örneklerinin Filtre Edilmesi.....                           | 76 |
| 2.7.    | Laboratuarda Analizi Gerçekleştirilen Parametreler ve Ölçüm Prensipleri.... | 77 |
| 2.7.1.  | Askıda Katı Madde (AKM) Tayini.....   | 77 |
| 2.7.2.  | Toplam Sertlik (TH) Tayini.....   | 77 |
| 2.7.3.  | Amonyum Azotu ( $\text{NH}_4^+$ -N) Tayini.....                             | 77 |
| 2.7.4.  | Nitrit Azotu ( $\text{NO}_2^-$ -N) Tayini.....                              | 78 |
| 2.7.5.  | Nitrat Azotu ( $\text{NO}_3^-$ -N) Tayini.....                              | 78 |
| 2.7.6.  | Toplam Azot (TN) Tayini.....  | 78 |
| 2.7.7.  | Toplam Kjeldahl Azotu (TKN) Tayini.....                                     | 78 |
| 2.7.8.  | Ortofosfat Fosforu ( $\text{PO}_4^{3-}$ -P) Tayini.....                     | 79 |
| 2.7.9.  | Anyonik Yüzey Aktif Madde (MBAS) Tayini.....                                | 79 |
| 2.7.10. | Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Tayini.....                                 | 79 |
| 2.7.11. | Toplam Organik Karbon (TOC) Tayini.....                                     | 79 |
| 2.7.12. | Alüminyum ( $\text{Al}^{3+}$ ) Tayini.....                                  | 80 |



|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 2.7.13. | Mangan ( $Mn^{2+}$ ) Tayini .....  | 80  |
| 2.7.14. | Toplam Demir (Fe) Tayini .....   | 80  |
| 2.7.15. | Toplam Krom (Cr) Tayini .....  | 80  |
| 2.8.    | Regresyon Analizleri .....   | 81  |
| 2.8.1.  | Artış Fonksiyonu .....   | 81  |
| 2.8.2.  | Üs Fonksiyonu .....  | 81  |
| 2.8.3.  | Kübik Fonksiyon .....  | 82  |
| 2.9.    | YSA Model Çalışmaları .....  | 82  |
| 2.9.1.  | YSA Modelinin Yapısı .....   | 82  |
| 2.9.2.  | YSA Modelinin Girdileri .....  | 83  |
| 2.9.3.  | YSA Modelinin Eğitimi .....  | 85  |
| 3.      | BULGULAR .....   | 86  |
| 3.1.    | Arazi ve Laboratuvar Çalışmalarından Elde Edilen Bulgular .....              | 86  |
| 3.2.    | Regresyon Analizi Bulguları .....  | 107 |
| 3.3.    | YSA Model Bulguları .....  | 108 |
| 4.      | İRDELEME .....   | 111 |
| 4.1.    | Arazi ve Laboratuvar Çalışmalarından Elde Edilen Bulguların İrdelenmesi .... | 111 |
| 4.1.1.  | Çözünmüş Oksijenin Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi .....                   | 111 |
| 4.1.2.  | Su Sıcaklığının Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi .....                      | 113 |
| 4.1.3.  | pH'nın Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi .....                               | 115 |
| 4.1.4.  | Elektriksel İletkenliğin Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi .....             | 116 |
| 4.1.5.  | Bulanıklığın Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi .....                         | 117 |
| 4.1.6.  | Askıda Katı Maddenin Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi .....                 | 119 |
| 4.1.7.  | Toplam Sertliğin Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi .....                     | 120 |
| 4.1.8.  | Amonyum Azotunun Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi .....                     | 122 |
| 4.1.9.  | Nitrit Azotunun Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi .....                      | 123 |
| 4.1.10. | Nitrat Azotunun Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi .....                      | 125 |
| 4.1.11. | Toplam Azotun Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi .....                        | 126 |
| 4.1.12. | Toplam Kjeldahl Azotunun Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi .....             | 127 |
| 4.1.13. | Ortofosfat Fosforunun Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi .....                | 129 |
| 4.1.14. | Anyonik Yüzey Aktif Maddelerin Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi ....        | 131 |
| 4.1.15. | Kimyasal Oksijen İhtiyacının Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi .....         | 132 |
| 4.1.16. | Toplam Organik Karbonun Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi .....              | 134 |

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 4.1.17. | Manganın Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi.....                 | 136 |
| 4.1.18. | Alüminyumun Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi .....             | 138 |
| 4.1.19. | Toplam Demirin Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi .....          | 139 |
| 4.1.20. | Toplam Kromun Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi .....           | 141 |
| 4.2.    | Regresyon Analizi ve YSA Model Bulgularının İrdelenmesi.....    | 142 |
| 4.2.1.  | Giriş.....  | 142 |
| 4.2.2.  | Askıda Katı Madde Konsantrasyonu Sonuçlarının İrdelenmesi ..... | 142 |
| 5.      | SONUÇLAR .....  | 145 |
| 6.      | ÖNERİLER.....   | 148 |
| 7.      | KAYNAKLAR .....   | 154 |
|         | ÖZGEÇMİŞ  |     |

Doktora Tezi

ÖZET

HARŞİT ÇAYI SU KALİTESİNİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ VE ASKI  
MADDE KONSANTRASYONUNUN YAPAY SINIR AĞLARI YÖNTEMİ İLE TAHMİN  
EDİLMESİ

Adem BAYRAM

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Hızır ÖNSOY  
2011, 163 Sayfa

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Havzası'nın 3280 km<sup>2</sup> drenaj alanı ile en büyük alt havzası olan Harşit Çayı'nda mabdan mansaba doğru ana kol boyunca seçilen on gözlem istasyonunda, 2009 Mart ile 2010 Şubat döneminde on beş gün aralıklarla yüzeysel su kalitesi araştırılmıştır. Çalışma kapsamında, yerinde (sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen, elektriksel iletkenlik ve bulanıklık) ölçümler ve laboratuarda (askıda katı madde, toplam sertlik, amonyum azotu, nitrit azotu, nitrat azotu, toplam azot, toplam Kjeldahl azotu, ortofosfat fosforu, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam organik karbon, anyonik deterjan, alüminyum, mangan, toplam demir ve toplam krom) analizler gerçekleştirilmiştir. Harşit Çayı yüzeysel su kalitesinin ana kol boyunca zamansal değişimleri üzerinde durularak, havzadaki insan kökenli faaliyetlerin bu kaliteye olan etkileri irdelenmiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre su kalite sınıflandırması yapılarak, gerek ulusal gerekse uluslararası standart ve yönetmeliklere göre akarsuyun içme suyu olarak kullanılabilirliği de değerlendirilmiştir. Sonuçta, nitrat azotu, amonyum azotu, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam organik karbon, mangan ve alüminyum dışında arıtıma ihtiyaç olduğu belirlenmiştir.

İçinden geçtiği yerleşim birimlerinin atık sularını alan Harşit Çayı, özellikle Gümüşhane İli'nin evsel atık sularının deşarj edildiği kısımda yıllık ortalama bazda, nitrit azotunda 0.021 mg/L, amonyum azotunda 1.437 mg/L, ortofosfat fosforunda 0.307 mg/L ve anyonik deterjanda 0.619 mg/L değerlerine sahip olarak III. Sınıf su kalitesine düşmüştür. Yaz aylarında akarsu debisinin azalmasıyla birlikte bu değerler daha da yükselmiştir. Bu noktanın mansabında, yan kolların katılımı ve baraj rezervuarlarının hidrolik bekleme sürelerinin olumlu etkisiyle su kalitesinde önemli bir düzelme gözlemlenmiştir.

Son olarak, askıda katı madde konsantrasyonunun (AKM) bulanıklık, toplam demir ve toplam krom parametrelerine dayalı tahmini, çeşitli regresyon analizleri ve yapay sinir ağı (YSA) yöntemiyle yapılmıştır. AKM konsantrasyonunun tahmininde YSA yönteminin regresyon analizine göre daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Askıda katı madde, Atık su, Harşit Çayı, Su kalitesi, Yapay sinir ağı

PhD. Thesis

SUMMARY

A STUDY ON SEASONAL VARIATION OF THE STREAM HARSIT WATER QUALITY  
AND ESTIMATION OF THE SUSPENDED SEDIMENT CONCENTRATION USING  
ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Adem BAYRAM

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Civil Engineering Graduate Program  
Supervisor: Prof. Dr. Hızır ÖNSOY  
2011, 163 Pages

In this study, a surface water quality research was conducted from the source to the stream mouth in the Stream Harsit having a catchment area of 3280 km<sup>2</sup>, the biggest sub-watershed of the Eastern Black Sea Basin, during the period of March 2009 and February 2010. The sampling was fortnightly conducted on ten monitoring stations along the main branch. In situ measurements (water temperature, pH, dissolved oxygen, electrical conductivity and turbidity) and on laboratory analysis (suspended sediment, total hardness, ammonium nitrogen, nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, total nitrogen, total Kjeldahl nitrogen, orthophosphate phosphorus, chemical oxygen demand, total organic carbon, methylene blue active substances, aluminum, manganese, total iron and total chromium) were conducted. It was focused on the temporal variations of the surface water quality along the stream, and the effects of the anthropogenic activities on this quality were examined. The Stream Harsit was classified according to the Turkish Water Pollution Control Regulation, and the quality and safety of the water used for drinking purposes were evaluated according to the national and international directives and guidelines. It was determined that there was a need to the treatment except for nitrate nitrogen, ammonium nitrogen, chemical oxygen demand, total organic carbon, manganese and aluminum.

The Stream Harsit collecting the waste waters from the locations on the course had III. Class water quality with the values of 0.021 mg/L for the nitrite nitrogen, 1.437 mg/L for the ammonium nitrogen, 0.307 mg/L for the orthophosphate phosphorus and 0.619 mg/L for the methylene blue active substances in the waste water discharge point for the city of Gumushane. After the discharge point, a remarkable improvement was observed in the stream water quality due to the joining of the tributaries, and the hydraulic residence times of the dam reservoirs.

Finally, the suspended sediment concentration (SSC) was estimated based on turbidity, total iron and total chromium using several Regression Analysis (RA) and Artificial Neural Networks (ANNs) method. The ANNs method used for the estimation of the SSC yielded better results than the RA, and provided acceptable results.

**Key Words:** Suspended sediment, Wastewater, Stream Harsit, Water quality, Neural networks

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|  | <u>Sayfa No</u> |
|--|-----------------|
| Şekil 1. Türkiye hidrolojik havzaları .....  | 6               |
| Şekil 2. Gümüşhane ili, ilçeleri ve komşu iller.....   | 27              |
| Şekil 3. Gümüşhane merkez ve köy nüfuslarının yıllara göre değişimi .....                    | 27              |
| Şekil 4. Gümüşhane ili merkez yerleşim birimlerinin uydu görüntüsü .....                     | 28              |
| Şekil 5. Gümüşhane ve Türkiye'nin yıllık toplam yağış dağılımlarının karşılaştırılması.....  | 30              |
| Şekil 6. Harşit Çayı ana kol üzerindeki AGİ'lerde aylık ortalama debi değişimleri..          | 32              |
| Şekil 7. Harşit Çayı yan kollar üzerindeki AGİ'lerde aylık ortalama debi değişimleri .....   | 34              |
| Şekil 8. Değişik oranlarda NaCl katılmış saf suların çözünmüş oksijen konsantrasyonları..... | 38              |
| Şekil 9. Çok Katmanlı Algılayıcı modeli .....  | 50              |
| Şekil 10. İşlemci fonksiyonları .....  | 53              |
| Şekil 11. Doğu Karadeniz Havzası .....   | 55              |
| Şekil 12. Torul Baraj gölü ve hidroelektrik santrali .....                                   | 56              |
| Şekil 13. Kürtün Baraj gölü ve dolu savağı .....   | 57              |
| Şekil 14. Gözlem istasyonlarının uydu görüntüsü .....  | 58              |
| Şekil 15. H1 istasyonu (Tohumoğlu) genel görünümü.....                                       | 59              |
| Şekil 16. H1 istasyonu (Tohumoğlu) uydu görüntüsü.....                                       | 59              |
| Şekil 17. H2 istasyonu (Tekke) genel görünümü .....  | 60              |
| Şekil 18. H2 istasyonu (Tekke) uydu görüntüsü .....  | 60              |
| Şekil 19. H3 istasyonu (Akçakale) genel görünümü .....                                       | 61              |
| Şekil 20. H3 istasyonu (Akçakale) uydu görüntüsü .....                                       | 61              |
| Şekil 21. H4 istasyonu (Gümüşhane) genel görünümü .....                                      | 62              |
| Şekil 22. H4 istasyonu (Gümüşhane) uydu görüntüsü .....                                      | 62              |
| Şekil 23. H5 istasyonu (Torul 1) genel görünümü .....  | 63              |
| Şekil 24. H5 istasyonu (Torul 1) uydu görüntüsü.....   | 63              |
| Şekil 25. H6 istasyonu (Torul 2) genel görünümü .....  | 64              |
| Şekil 26. H6 istasyonu (Torul 2) uydu görüntüsü.....   | 64              |

|   |     |
|---|-----|
| Şekil 27. H7 istasyonu (Torul HES) genel görünümü .....                                   | 65  |
| Şekil 28. H7 istasyonu (Torul HES) uydu görüntüsü .....                                   | 65  |
| Şekil 29. H8 istasyonu (Kürtün) genel görünümü .....                                      | 66  |
| Şekil 30. H8 istasyonu (Kürtün) uydu görüntüsü .....                                      | 66  |
| Şekil 31. H9 istasyonu (Doğankent) genel görünümü .....                                   | 67  |
| Şekil 32. H9 istasyonu (Doğankent) uydu görüntüsü .....                                   | 67  |
| Şekil 33. H10 istasyonu (Tirebolu) genel görünümü .....                                   | 68  |
| Şekil 34. H10 istasyonu (Tirebolu) uydu görüntüsü .....                                   | 68  |
| Şekil 35. Çalışmanın gerçekleştirildiği Harşit Çayı Havzası ve örnekleme noktaları..      | 69  |
| Şekil 36. Akarsuda ÇO, t, pH, Eİ ve T ölçümlerinde kullanılan Horiba U-10 .....           | 71  |
| Şekil 37. Akarsuda ÇO, t, pH ve Eİ ölçümlerinde kullanılan HQ 40 d .....                  | 71  |
| Şekil 38. Yüzeysel ham su örneklerinin alındığı 500 ml hacimli PET numune kapları .....   | 75  |
| Şekil 39. Su örneklerinin muhafazasında ve naklinde kullanılan numune kapları .....       | 75  |
| Şekil 40. Filtrasyon işleminde kullanılan selüloz nitrat ve cam yünü filtreler .....      | 76  |
| Şekil 41. Filtre kağıtlarının kullanıldığı vakumlu filtrasyon seti .....                  | 76  |
| Şekil 42. Model 7 için YSA mimarisi .....   | 83  |
| Şekil 43. Çözünmüş oksijen konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi .....      | 112 |
| Şekil 44. Su sıcaklığının akarsu boyunca mevsimsel değişimi .....                         | 114 |
| Şekil 45. pH'nın akarsu boyunca mevsimsel değişimi .....                                  | 115 |
| Şekil 46. Elektriksel iletkenliğin akarsu boyunca mevsimsel değişimi .....                | 117 |
| Şekil 47. Bulanıklığın akarsu boyunca mevsimsel değişimi .....                            | 118 |
| Şekil 48. Askıda katı madde konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi .....     | 119 |
| Şekil 49. Toplam sertlik değerinin akarsu boyunca mevsimsel değişimi .....                | 121 |
| Şekil 50. Amonyum azotu konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi ..            | 122 |
| Şekil 51. Nitrit azotu konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi .....          | 124 |
| Şekil 52. Nitrat azotu konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi .....          | 125 |
| Şekil 53. Toplam azot konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi .....           | 127 |
| Şekil 54. Toplam Kjeldahl azotu konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi ..... | 128 |
| Şekil 55. Ortofosfat fosforu konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi .....    | 130 |
| Şekil 56. Anyonik deterjan konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi            | 131 |

|  |     |
|--|-----|
| Şekil 57. Kimyasal oksijen ihtiyacı konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi .....    | 133 |
| Şekil 58. Toplam organik karbon konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi .....        | 135 |
| Şekil 59. Mangan konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi .....                       | 137 |
| Şekil 60. Alüminyum konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi .....                    | 138 |
| Şekil 61. Toplam demir konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi .....                 | 139 |
| Şekil 62. Toplam krom konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi .....                  | 141 |
| Şekil 63. AKM (mg/L) değerlerinin karşılaştırılması (deneme takımı) .....                        | 144 |
| Şekil 64. AKM (mg/L) değerlerinin karşılaştırılması (doğrulama takımı).....                      | 144 |
| Şekil 65. Harşit Çayı'nın atık suların uzaklaştırılmasında alıcı ortam olarak kullanılması ..... | 149 |
| Şekil 66. Harşit Çayı'nın Tirebolu bölümündeki kum-çakıl ocağı işletmeleri.....                  | 150 |
| Şekil 67. Kürtün Baraj gölünde kafes balıkçılığı.....  | 151 |
| Şekil 68. Harşit Çayı Havzası'nda katı atıkların düzensiz depolanması (Gümüşhane) .....          | 152 |
| Şekil 69. Harşit Çayı'nda katı atıklardan kaynaklanan kirlilik.....                              | 152 |

## TABLolar DİZİNİ

|   | <u>Sayfa No</u> |
|---|-----------------|
| Tablo 1. Nüfusa bağılı su kullanımı ve atıksu oluşumu.....  | 5               |
| Tablo 2. Türkiye'deki ana havzalar ve özellikleri .....   | 7               |
| Tablo 3. Kıtaıçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite ölçütleri .....   | 10              |
| Tablo 4. Baraj haznelerinin ötrofikasyon kontrolü sınır değerleri.....  | 11              |
| Tablo 5. Ulusal standart ve yönetmeliklerde su kalite ölçütleri.....  | 13              |
| Tablo 6. Harşit Çayı Havzası'ndaki DSİ tarafından işletilmiş ve işletilmekte olan akım gözlem istasyonları .....  | 33              |
| Tablo 7. Sertlik birimlerinin birbirine dönüştürülmesi .....  | 46              |
| Tablo 8. Çalışmanın gerçekleştirildiği dönem .....  | 70              |
| Tablo 9. Farklı girdi katmanı durumları için oluşturulan modeller .....   | 83              |
| Tablo 10. Deneme ve doğrulama takımında kullanılan örnekler.....  | 84              |
| Tablo 11. Farklı YSA mimarileri için kullanılan değişkenler .....   | 85              |
| Tablo 12. Su kalite parametrelerinin H1 (Tohumoğlu) istasyonunda mevsimsel (Mart 2009 – Şubat 2010) değişimi..... | 87              |
| Tablo 13. Su kalite parametrelerinin H2 (Tekke) istasyonunda mevsimsel (Mart 2009 – Şubat 2010) değişimi.....     | 88              |
| Tablo 14. Su kalite parametrelerinin H3 (Akçakale) istasyonunda mevsimsel (Mart 2009 – Şubat 2010) değişimi.....  | 89              |
| Tablo 15. Su kalite parametrelerinin H4 (Gümüşhane) istasyonunda mevsimsel (Mart 2009 – Şubat 2010) değişimi..... | 90              |
| Tablo 16. Su kalite parametrelerinin H5 (Torul 1) istasyonunda mevsimsel (Mart 2009 – Şubat 2010) değişimi.....   | 91              |
| Tablo 17. Su kalite parametrelerinin H6 (Torul 2) istasyonunda mevsimsel (Mart 2009 – Şubat 2010) değişimi.....   | 92              |
| Tablo 18. Su kalite parametrelerinin H7 (Torul HES) istasyonunda mevsimsel (Mart 2009 – Şubat 2010) değişimi..... | 93              |
| Tablo 19. Su kalite parametrelerinin H8 (Kürtün) istasyonunda mevsimsel (Mart 2009 – Şubat 2010) değişimi.....    | 94              |
| Tablo 20. Su kalite parametrelerinin H9 (Doğankent) istasyonunda mevsimsel (Mart 2009 – Şubat 2010) değişimi..... | 95              |
| Tablo 21. Su kalite parametrelerinin H10 (Tirebolu) istasyonunda mevsimsel (Mart 2009 – Şubat 2010) değişimi..... | 96              |



|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| Tablo 22. | Su kalite parametrelerinin H1 (Tohumoğlu) istasyonunda elde edilen değerleri için korelasyon matrisi ..... | 97  |
| Tablo 23. | Su kalite parametrelerinin H2 (Tekke) istasyonunda elde edilen değerleri için korelasyon matrisi .....     | 98  |
| Tablo 24. | Su kalite parametrelerinin H3 (Akçakale) istasyonunda elde edilen değerleri için korelasyon matrisi .....  | 99  |
| Tablo 25. | Su kalite parametrelerinin H4 (Gümüşhane) istasyonunda elde edilen değerleri için korelasyon matrisi ..... | 100 |
| Tablo 26. | Su kalite parametrelerinin H5 (Torul 1) istasyonunda elde edilen değerleri için korelasyon matrisi .....   | 101 |
| Tablo 27. | Su kalite parametrelerinin H6 (Torul 2) istasyonunda elde edilen değerleri için korelasyon matrisi .....   | 102 |
| Tablo 28. | Su kalite parametrelerinin H7 (Torul HES) istasyonunda elde edilen değerleri için korelasyon matrisi ..... | 103 |
| Tablo 29. | Su kalite parametrelerinin H8 (Kürtün) istasyonunda elde edilen değerleri için korelasyon matrisi .....    | 104 |
| Tablo 30. | Su kalite parametrelerinin H9 (Doğankent) istasyonunda elde edilen değerleri için korelasyon matrisi ..... | 105 |
| Tablo 31. | Su kalite parametrelerinin H10 (Tirebolu) istasyonunda elde edilen değerleri için korelasyon matrisi ..... | 106 |
| Tablo 32. | AKM konsantrasyonu için bağımsız değişkenlere göre determinasyon katsayıları.....                          | 107 |
| Tablo 33. | AKM konsantrasyonu için elde edilen regresyon katsayıları.....   | 108 |
| Tablo 34. | Farklı modeller için en iyi sonucu veren YSA özellikleri.....  | 108 |
| Tablo 35. | Deneme takımı için elde edilen değerler (mg AKM / L).....  | 109 |
| Tablo 36. | Doğrulama takımı için elde edilen değerler (mg AKM / L).....   | 110 |
| Tablo 37. | SKKY'ye göre O konsantrasyonu değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması .....                              | 112 |
| Tablo 38. | O konsantrasyonu değerlerinin baraj hazneleri için sınıflandırılması .....                                | 113 |
| Tablo 39. | SKKY'ye göre t değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması .....  | 114 |
| Tablo 40. | SKKY'ye göre pH değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması.....  | 116 |
| Tablo 41. | AKM konsantrasyonu değerlerinin baraj hazneleri için sınıflandırılması...                                  | 120 |
| Tablo 42. | Toplam sertlik değerlerinin CaCO <sub>3</sub> (mg/L) karşılığı.....  | 121 |
| Tablo 43. | SKKY'ye göre NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N konsantrasyonu değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması ..... | 123 |
| Tablo 44. | SKKY'ye göre NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N konsantrasyonu değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması ..... | 124 |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| Tablo 45. | SKKY'ye göre NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N konsantrasyonu değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması .....  | 126 |
| Tablo 46. | TN konsantrasyonu değerlerinin baraj hazneleri için sınıflandırılması.....                                  | 127 |
| Tablo 47. | SKKY'ye göre TKN konsantrasyonu değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması .....                              | 129 |
| Tablo 48. | SKKY'ye göre PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P konsantrasyonu değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması ..... | 130 |
| Tablo 49. | SKKY'ye göre MBAS konsantrasyonu değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması .....                             | 132 |
| Tablo 50. | SKKY'ye göre KOİ konsantrasyonu değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması .....                              | 132 |
| Tablo 51. | KOİ konsantrasyonu değerlerinin baraj hazneleri için sınıflandırılması.....                                 | 134 |
| Tablo 52. | SKKY'ye göre TOC konsantrasyonu değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması .....                              | 135 |
| Tablo 53. | SKKY'ye göre Mn <sup>2+</sup> konsantrasyonu değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması .....                 | 137 |
| Tablo 54. | SKKY'ye göre Al <sup>3+</sup> konsantrasyonu değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması .....                 | 138 |
| Tablo 55. | Deneme takımı için elde edilen hata değerleri .....   | 143 |
| Tablo 56. | Doğrulama takımı için elde edilen hata değerleri .....  | 143 |

## SEMBOLLER DİZİNİ

|            |  |
|------------|--|
| $a_{OH^-}$ | : Hidroksil iyonu aktivitesi   |
| ABS        | : Alkil benzen sülfonat  |
| ADNKS      | : Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi                                  |
| $Ag^+$     | : Gümüş iyonu  |
| AGİ        | : Akım gözlem istasyonu  |
| AKM        | : Askıda katı madde  |
| $Al^{3+}$  | : Alüminyum iyonu  |
| ANNs       | : Artificial Neural Networks   |
| ANFIS      | : Adaptive Neuro Fuzzy Inference System                              |
| APHA       | : American Public Health Association (Amerikan Halk Sağlığı Derneği) |
| As         | : Arsenik  |
| ASBİS      | : Adaptif Sinirsel Bulanık İlişkisel Sistem                          |
| B          | : Bor  |
| $BOI_5$    | : Beş günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacı                           |
| $Br^-$     | : Brom iyonu   |
| C / N      | : Karbon azot oranı  |
| $Ca^{2+}$  | : Kalsiyum iyonu   |
| $Cd^{2+}$  | : Kadmiyum iyonu   |
| $Cl^-$     | : Klorür iyonu   |
| $CN^-$     | : Siyanür iyonu  |
| Cr         | : Krom   |
| DIC        | : Çözünmüş inorganik karbon  |
| ÇO         | : Çözünmüş oksijen   |
| DOC        | : Çözünmüş organik karbon  |
| DGP        | : Doğrusal genetik programlama                                       |
| DSİ        | : Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü                                   |
| DMİ        | : Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü                          |
| Eİ         | : Elektriksel iletkenlik   |
| EİE        | : Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü                       |
| $F^-$      | : Florür iyonu   |

|   |   |
|---|---|
| Fe  | : Demir   |
| H <sup>+</sup>                              | : Hidrojen iyonu                                  |
| Hg  | : Cıva  |
| H <sub>2</sub> O                            | : Su  |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>               | : Bikarbonat iyonu                                |
| HES   | : Hidroelektrik santral                           |
| HNO <sub>3</sub>                            | : Nitrik asit                                     |
| H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | : Dihidrojen fosfat iyonu                         |
| İTASHY                                      | : İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik |
| JTU   | : Jackson bulanıklık birimi                       |
| K <sup>+</sup>                              | : Potasyum iyonu                                  |
| KOİ   | : Kimyasal oksijen ihtiyacı                       |
| K <sub>su</sub>                             | : Suyun iyonlar çarpımı                           |
| LAS   | : Lineer alkil sülfonat                           |
| MBAS  | : Metilen mavisi yüzey aktif madde                |
| Mg <sup>2+</sup>                            | : Magnezyum iyonu                                 |
| Mn  | : Mangan  |
| Na <sup>+</sup>                             | : Sodyum iyonu                                    |
| NaCl  | : Sodyum klorür                                   |
| NH <sub>3</sub>                             | : Amonyak   |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>                | : Amonyum iyonu                                   |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N             | : Amonyum azotu                                   |
| Ni <sup>2+</sup>                            | : Nikel iyonu                                     |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>                | : Nitrit iyonu                                    |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N             | : Nitrit azotu                                    |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                | : Nitrat iyonu                                    |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N             | : Nitrat azotu                                    |
| NTU   | : Nephelometrik bulanıklık birimi                 |
| Pb  | : Kurşun  |
| PE  | : Polietilen                                      |
| PET   | : Polietilentetraftalat                           |
| PHB   | : Polihidroksibütirat                             |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>               | : Fosfat iyonu                                    |

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | : Orto-fosfat fosforu   |
| POC                              | : Parçacık organik karbon   |
| Q                                | : Debi  |
| RA                               | : Regresyon Analizi   |
| Sb                               | : Antimon   |
| SDE                              | : Sinirsel Diferansiyel Evrim   |
| SiO <sub>2</sub>                 | : Silisyum oksit  |
| SKKY                             | : Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği   |
| Sn                               | : Kalay   |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>    | : Sülfat iyonu  |
| SPSS                             | : Statistical Package for Social Sciences (Sosyal Bilimler İstatistik Programı) |
| SRP                              | : Çözünebilir reaktif fosfor  |
| SS                               | : Standart sapma  |
| t <sub>su</sub>                  | : Su sıcaklığı  |
| t <sub>hava</sub>                | : Hava sıcaklığı  |
| T                                | : Bulanıklık  |
| TC                               | : Toplam karbon   |
| TÇK                              | : Toplam çözünmüş katılar   |
| TH                               | : Toplam sertlik  |
| TIC                              | : Toplam inorganik karbon   |
| TKN                              | : Toplam Kjeldahl azotu   |
| TN                               | : Toplam azot   |
| TOC                              | : Toplam organik karbon   |
| TOM                              | : Toplam organik madde  |
| TP                               | : Toplam fosfor   |
| TS                               | : Türk Standardı  |
| TÜİK                             | : Türkiye İstatistik Kurumu   |
| WHO                              | : World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)                               |
| YSA                              | : Yapay Sinir Ağları  |
| Zn                               | : Çinko   |
| °dH                              | : Deutschland Hardness (Alman sertlik derecesi)                                 |
| °eH                              | : English Hardness (İngiliz sertlik derecesi)                                   |
| °fH                              | : French Hardness (Fransız sertlik derecesi)                                    |

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Su

Su tabiiatta katı, sıvı ve gaz olmak üzere üç fazda da bulunur. Bütün maddeler katı hale geçtiğinde, moleküller arası mesafenin azalmasına bağlı olarak yoğunluğu artarken, suda tersi olmaktadır. Su donunca yoğunluğu azalır ve yüzeye yükselir. Yüzeydeki buz tabakası dıştaki soğuk hava ile alttaki su arasındaki ısı transferine karşı bir engel oluşturur ve altındaki suyun donmasına mani olur. Böylece hava sıcaklığı - 50 °C bile olsa, buzun altında sıcaklık daima sıfırın üzerinde olur ve bu bölgede hayat devam eder.

Bilinen bütün sıvılar içerisinde yüzey gerilimi en yüksek olan sudur. Bu özelliği yağmur damlacıklarının oluşumu açısından önem taşımaktadır. Buharlaşma ısısı en yüksek olan da sudur ve kolayca buharlaşarak kaybolmaz.

Su, amonyaktan (NH<sub>3</sub>) sonra en yüksek erime ısısına sahip olan bileşiktir. Yüksek özgül ısısı, yani bir gram suyun sıcaklığını bir derece artırmak için gerekli enerji miktarının yüksekliği ile birlikte bu özellikler, suyun yeryüzündeki iklim farklılıklarını, belirleyici unsur durumuna getirir. Çünkü, dünya yüzeyinin dörtte üçü su ile kaplı olup dünyadaki toplam suyun % 97.6'sı denizlerde, % 2.4'ü de karalarda bulunmaktadır. Böylesine büyük alana ve hacme sahip su, hayatın bir diğer temel kaynağı olan güneş enerjisinin yeryüzünde tutulmasında büyük rol oynamaktadır. Güneşten gelen toplam enerjinin % 23'ü yeryüzündeki suları buharlaştırmada ve su buharı ihtiva eden hava kütlelerini ısıtıp harekete geçirmede kullanılır. Böylece su, dünyanın yaşanabilir bir iklime sahip olmasında önemli bir rol oynar.

Suyun diğer bir özelliği hidrolojik döngü sayesinde yenilenebilen bir kaynak olmasıdır. Bu hadise suyun buharlaşma ve terleme ile atmosfere yükselmesi oradan ihtiyaç duyulan yerlere taşınması ve yağış olarak tekrar yeryüzüne inmesi; böylece yeraltı sularının beslenmesi ve yüzey akışlarının oluşmasından ibaret olan büyük su hareketidir. Su ihtiyacının karşılanmasında hidrolojik döngünün büyük önemi vardır. Zira dünyadaki toplam suyun ancak % 2.4'ü karalarda bulunduğundan bu döngü önem taşımaktadır. Diğer yandan karalardaki suyun ancak % 10 kadarı teorik olarak kullanılabilir tatlı su potansiyelini oluşturmaktadır ki bu da 3-4 milyon km<sup>3</sup>'tür. Günümüzde insanlığın toplam su ihtiyacı yılda yaklaşık 5500 km<sup>3</sup> olarak hesaplanmaktadır. Bu ihtiyaç, yeryüzündeki

bütün akarsularda bir anda bulunan suyun üç katıdır. Bu ihtiyaç, bütün akarsularla birlikte karşılanamadığından, yeraltı suları ile birlikte karşılanabileceği anlaşılmaktadır. Ancak bütün akarsuların taşıdığı yıllık 37000 km<sup>3</sup>'e karşılık gelen debi ile kıyaslandığında 5500 km<sup>3</sup>'lik ihtiyacın, devridaim eden suyun % 15'i gibi yüksek bir oranına ulaştığı görülmektedir. Bu sonuç, gittikçe artan su ihtiyacının karşılanmasında daha büyük sorunlarla karşılaşılacağına bir işaretidir.

Suyun harika özelliklerinden birisi de ondaki hidrojen bağları sayesinde ortaya çıkar. Bilindiği gibi suda bulunan iki hidrojen atomu bir oksijen atomu ile birleşirken, oksijenin her iki tarafında birer hidrojen olacak şekilde bir çizgi halinde molekül teşekkül etmez. Aksine iki hidrojen atomu aynı tarafta yer alarak molekülün bu kısmının kısmi pozitif pozitif yüklü oluşuna sebep olur. Diğer taraftaki oksijen ise kısmi negatif yüklüdür. Yüklerin bu şekilde dağılımı suyu kuvvetli bir dipolar (iki kutuplu) molekül haline getirir. Bu sayede su molekülleri birbirini çeker ve hidrojen bağları yardımıyla kümeleşme olur.

Yüzey gerilimi ve dielektrik sabiti çok büyük olma özelliğinden dolayı su, iyi bir çözücü olmakta ve hayat için gerekli birçok bileşiği çözerek bünyesine almaktadır. Bu da suya bitkiler için gerekli birçok mineral gıda maddesi taşıyıcı özellik kazandırır.

Suyun hayat için diğer bir önemi atmosferdeki mevcudiyeti ile yeryüzünün radyasyon yoluyla soğumasını önlemesidir. Yapılan hesaplara göre atmosferde su buharının bulunmaması durumunda yeryüzünün bugünkü ortalama sıcaklığının 15 °C azalarak 0 °C'ye düşeceği tespit edilmiştir.

Yağmur damlacıklarının oluşması ve atmosferdeki hareketleri esnasında, havada bulunan oksijen, azot, karbondioksit gibi gazlar bu damlacıklar içinde çözünürler. Atmosferde bulunan mikroskobik büyüklükteki katı maddeler de yağmur damlacıklarınca tutulurlar. Böylece su, havayı da temizlemiştir.

Su artık, bugünün dev kentlerinin genellikle ırmak kenarlarında kurulduğu günlerdeki kadar bol ve ucuz bir kaynak değildir. Bilakis artık stratejik bir malzeme olmuştur. Su eksikliği, önümüzdeki yıllarda milli gelişme hızında en az petrol eksikliği kadar hissedilecektir. Gelecek yüzyılın ortasında dünya nüfusu iki katına çıkarak 10 milyara ulaşacağı ve bugün var olan miktarda suyu paylaşacağı tahmin edilmektedir. Bir bölgedeki su ihtiyaçları, nüfus yoğunluğu, nüfus artışı, yaşam düzeyi, tarım ve endüstride verim artışı ve ekonomik kalkınma gibi etmenlere bağlıdır. Buna karşılık akarsu, göl, yer altı suyu, pınar, deniz gibi su kaynaklarında kullanılabilecek su miktarı sınırlıdır. Ayrıca, hidrolojik çevrim içinde su hareket halinde olduğundan belirli bir yerde ve zamandaki

miktarı da değişmektedir. Dünyada toplam 1.4 milyar km<sup>3</sup> su varsa da, bunun yaklaşık % 97.4'ü tuzlu su, % 2.6'sı tatlı sudur (İleri, 2000).

Ülkemizin tatlı su kaynakları sınırlıdır. Uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama değerler (1970-2010) incelendiğinde; yıllık toplam yağış miktarı ortalama 640.9 kg/m<sup>2</sup> (DMİ, 2011a) olan Türkiye'nin toplam kullanılabilir su potansiyeli yaklaşık 112 milyar m<sup>3</sup>/yıl civarındadır. Türkiye'nin yağış rejimi mevsimlere ve bölgelere göre çok büyük farklılıklar göstermektedir. 1000 kg/m<sup>2</sup> dolaylarında olan dünya yağış ortalaması göz önüne alındığında ülkemizin su kaynakları yönünden çok zengin olmadığı ancak ihtiyaçları karşılayabilecek oranda yeterli suyu olduğu ortaya çıkmaktadır. Artan nüfusumuzla birlikte gelişen sanayimizin, büyüyen şehirlerimizin ve her geçen gün yenisi eklenen tarımsal sulama şebekelerimizle gelecekte daha çok suya ihtiyaç duyacağız. Ayrıca insanlarımızın hayat standardı arttıkça tüketilen su miktarı da artmaktadır. Son yıllara kadar insan başına tüketilen su miktarı 20 L/gün iken bugün 200 L/gün'e kadar yükselmiştir. Türkiye'de zannedildiği kadar kişi başına düşen su miktarı yüksek değildir. Türkiye'deki mevcut kullanılan su miktarının ortalama; % 72'si sulamada, % 12'si sanayide ve % 16'sı içme ve kullanmada tüketilmektedir. Su kullanımından oluşan atıksu kirlilik deşarjlarının kaynaklara dağılımı da sanayi % 33, tarım % 22, evsel % 20, maden % 8, ulaştırma % 8 ve diğerleri % 9 civarındadır (İleri, 2000).

Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de su kaynaklarına ihtiyaç giderek artarken, sınırlı olan kaynaklar üzerindeki olumsuz çevre baskıları da ne yazık ki giderek artmaktadır. İçme ve kullanma suyu temin edilen baraj ve göllerimiz ev ve endüstriyel nitelikli atıklar yanında yerleşimden kaynaklanan yoğun yapılaşma baskısı altındadır. Kıta içi su kaynaklarımızdan göllerimiz, nehirlerimiz ve yer altı sularımız ile denizlerimiz evsel ve endüstriyel atıklar yanında aşırı gübreleme ve bilinçsiz kullanılan zirai mücadele ilaçlarından olumsuz etkilenmektedir. Günümüzde gelişmekte olan ülkelerde tüm hastalıkların % 80'i ve ölümlerin üçte biri, kirli sulardan kaynaklanmaktadır (İleri, 2000).

Doğada geri devir mekanizmaları sayesinde, kaynaklar tükenmemektedir. Kullandığımız su da daha önce kısmen kullanılmış olabilir. Veya temizledikten sonra onu tekrar tekrar kullanma imkanları aranabilir. İnsan, doğadaki su dolaşımına dahil olarak yapay devirler meydana getirir. Bazı insan toplulukları yeraltı suyu kullanmakta ise de, çoğu bu maksatla yüzeysel sulara bağlı bulunmaktadır. Bu sular arandıktan sonra kullanılır, kanallara toplanır, temizlendikten sonra (veya doğrudan doğruya hiçbir muamele görmeden) bu su kaynağına tekrar geri verilir. Yerleşim bölgelerinde kullanılan sular,



arıtımdan geçmiş veya geçmemiş halde yüzeysel sularla seyrelmeye ve tabii biyolojik arıtmaya bırakılır. Kendi kendini arıtma kapasitesinin aşılması durumunda büyük risklerle karşı karşıya kalınmaktadır (İleri, 2000).

## 1.2. Atık ve Atıksu

Genel anlamda “atık” tanımını yapmak oldukça güçtür. Yaklaşık bir tanımla; “atık” istenmeyen bir yerde, istenmeyen bir maddenin ve istenmeyen konsantrasyonda bulunması olarak verilebilir. Çünkü bir yerde atık olarak adlandırılan bir madde, diğer bir yerde atık olmayabilir. Bundan dolayı, her bir atığı, bir başka şeyin hammaddesi olarak ta düşünebiliriz (İleri, 2000).

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre (SKKY, 2004); evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer kullanımlar sonucunda kirlenmiş veya özellikleri kısmen veya tamamen değişmiş sular ile maden ocakları ve cevher hazırlama tesislerinden kaynaklanan sular, yapılaşmış kaplamalı ve kaplamasız şehir bölgelerinden cadde, otopark ve benzeri alanlardan yağışların yüzey veya yüzey altı akışa dönüşmesi sonucunda gelen sular “atıksu” olarak tanımlanmaktadır.

Tüm belediyelere uygulanan 2008 yılı Belediye Atıksu İstatistikleri Anketi (TÜİK, 2011a) sonuçlarına göre, 3225 belediyeden 2421'ine kanalizasyon şebekesi ile hizmet verildiği tespit edilmiştir.

Kanalizasyon şebekeleri ile toplanan 3.26 milyar m<sup>3</sup> atıksuyun % 44.7'si denize, % 43.1'i akarsuya, % 3.5'i baraja, % 2.1'i göle-gölete % 1.5'i araziye ve % 5.1'i diğer alıcı ortamlara deşarj edilmiştir (TÜİK, 2011a).

Belediyelere ait 29'u fiziksel, 158'i biyolojik, 32'si gelişmiş ve 17'si doğal arıtma sistemi olmak üzere toplam 236 atıksu arıtma tesisi bulunmakta ve bu tesisler ile 442 belediyeye hizmet verilmektedir (TÜİK, 2011a).

Kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen 3.26 milyar m<sup>3</sup> atıksuyun 2.25 milyar m<sup>3</sup>'ü atıksu arıtma tesislerinde arıtılmıştır. Arıtılan atıksuyun % 38.3'üne biyolojik, % 32.7'sine fiziksel, % 28.8'ine gelişmiş ve % 0.3'üne doğal arıtma uygulanmıştır (TÜİK, 2011a).

Kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen belediye nüfusunun Türkiye nüfusu içindeki payı % 73, toplam belediye nüfusu içindeki payı ise % 88 olarak tespit edilmiştir. Atıksu arıtma tesisleri ile hizmet verilen belediye nüfusunun oranı ise Türkiye nüfusu içinde % 46, toplam belediye nüfusu içinde % 56 olarak hesaplanmıştır (TÜİK, 2011a).

2008 yılı verilerine göre belediyelerden kanalizasyon şebekesi ile alıcı ortamlara deşarj edilen kişi başı günlük atıksu miktarı 173 L olarak tespit edilmiştir (TK, 2011a). Tablo 1’de nüfusa bağlı olarak oluşacağı tahmin edilen atıksu miktarları verilmektedir.

Tablo 1. Nüfusa bağlı su kullanımı ve atıksu oluşumu (Erdoğan, 2004)

| Gelecekteki nüfus<br>(kişi) | Beklenen su kullanımı<br>(L/kişi.gün) | Beklenen atıksu miktarı<br>(L/kişi.gün) |
|-----------------------------|---------------------------------------|---|
| 5000                        | 110                                   | 80                                      |
| 7500                        | 110                                   | 80                                      |
| 10000                       | 120                                   | 90                                      |
| 15000                       | 120                                   | 90                                      |
| 25000                       | 120                                   | 90                                      |
| 35000                       | 130                                   | 100                                     |
| 50000                       | 130                                   | 100                                     |
| 75000                       | 130                                   | 100                                     |
| 100000                      | 130                                   | 100                                     |
| 150000                      | 160                                   | 125                                     |
| 200000                      | 160                                   | 125                                     |
| 250000                      | 160                                   | 125                                     |
| 400000                      | 175                                   | 140                                     |
| 500000                      | 175                                   | 140                                     |
| 750000                      | 175                                   | 140                                     |
| 1000000                     | 200                                   | 160                                     |
| 1500000                     | 200                                   | 160                                     |
| 2000000                     | 200                                   | 160                                     |

### 1.3. Ülkemiz Su Kaynakları

Türkiye’nin en önemli doğal kaynaklarından biri olan su kaynaklarını tespit etmek, geliştirmek ve kullanmak amacıyla ülke yüzeyi 25 drenaj havzasına ayrılmıştır. Bu havzaların coğrafi konumları Şekil 1’de gösterilmektedir. Akarsu havzalarının karakteristik değerleri ise Tablo 2’de verilmektedir.



Şekil 1. Türkiye hidrolojik havzaları

Tablo 2. Türkiye'deki ana havzalar ve özellikleri (Odemis ve Evrendilek, 2007; Erkek ve Ağırlioğlu, 2010)

| Havza adı      | Havza alanı (km <sup>2</sup> ) | Ortalama kot (m) | Ortalama akış (mm y <sup>-1</sup> ) | Ortalama yağış (mm y <sup>-1</sup> ) | Toplam akış payı (%) |
|----------------|--------------------------------|------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| Meriç-Ergene   | 14560                          | 57               | 136                                 | 604                                  | 3.6                  |
| Marmara        | 24100                          | 42               | 214                                 | 729                                  | 2.7                  |
| Susurluk       | 22399                          | 202              | 181                                 | 712                                  | 2.3                  |
| Ege            | 10003                          | 64               | 156                                 | 624                                  | 0.8                  |
| Gediz          | 18000                          | 220              | 68                                  | 603                                  | 0.6                  |
| Küçük Menderes | 6907                           | 4                | 81                                  | 727                                  | 0.3                  |
| Büyük Menderes | 24976                          | 414              | 84                                  | 664                                  | 1.1                  |
| Batı Akdeniz   | 20953                          | 383              | 335                                 | 876                                  | 4.0                  |
| Orta Akdeniz   | 19577                          | 249              | 889                                 | 1000                                 | 6.9                  |
| Burdur Gölü    | ---                            | ---              | ---                                 | ---                                  | ---                  |
| Afyon          | 7605                           | 1017             | 27                                  | 452                                  | 0.1                  |
| Sakarya        | 58160                          | 509              | 92                                  | 525                                  | 2.8                  |
| Batı Karadeniz | 29598                          | 326              | 321                                 | 811                                  | 5.1                  |
| Yeşilırmak     | 36114                          | 696              | 152                                 | 497                                  | 2.9                  |
| Kızılırmak     | 78180                          | 748              | 70                                  | 446                                  | 2.9                  |
| Orta Anadolu   | 53850                          | 1139             | 113                                 | 417                                  | 3.4                  |
| Doğu Akdeniz   | 22048                          | 269              | 428                                 | 745                                  | 5.1                  |
| Seyhan         | 24450                          | 750              | 325                                 | 624                                  | 3.6                  |
| Hatay          | 7796                           | 159              | 87                                  | 816                                  | 1.2                  |
| Ceyhan         | 21982                          | 685              | 315                                 | 732                                  | 3.6                  |
| Fırat          | 127304                         | 1010             | 262                                 | 540                                  | 16.8                 |
| Doğu Karadeniz | 24077                          | 443              | 753                                 | 1198                                 | 9.5                  |
| Çoruh          | 19872                          | 757              | 329                                 | 629                                  | 3.5                  |
| Aras           | 27548                          | 1653             | 173                                 | 432                                  | 2.5                  |
| Van Gölü       | 19405                          | 1829             | 200                                 | 474                                  | 1.6                  |
| Dicle          | 57614                          | 845              | 471                                 | 807                                  | 12.9                 |

Türkiye'deki yağışlar bölgeden bölgeye büyük farklılıklar göstermekte, en az  $220 \text{ kg/m}^2$  ve en çok  $3000 \text{ kg/m}^2$  olmakla birlikte yıllık ortalaması yaklaşık  $641 \text{ kg/m}^2$  ve bu da yılda ortalama 501 milyar  $\text{m}^3$  suya tekabül etmektedir. Bu suyun 274 milyar  $\text{m}^3$  ü toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar  $\text{m}^3$  lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar  $\text{m}^3$  lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar  $\text{m}^3$  lük suyun 28 milyar  $\text{m}^3$  ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca, komşu ülkelerden ülkemize gelen yılda ortalama 7 milyar  $\text{m}^3$  su bulunmaktadır. Böylece ülkemizin brüt yerüstü suyu potansiyeli  $193 (158+28+7)$  milyar  $\text{m}^3$  olmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 41  $(69-28)$  milyar  $\text{m}^3$  de dikkate alındığında, ülkemizin toplam yenilenebilir su potansiyeli brüt  $234 (193+41)$  milyar  $\text{m}^3$  olarak hesaplanmıştır. Ancak, günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde, çeşitli amaçlara yönelik olarak tüketilebilecek yerüstü suyu potansiyeli yurt içindeki akarsulardan 95 milyar  $\text{m}^3$ , komşu ülkelerden yurdumuza gelen akarsulardan 3 milyar  $\text{m}^3$  olmak üzere yılda ortalama toplam 98 milyar  $\text{m}^3$ 'tür. 14 milyar  $\text{m}^3$  olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar  $\text{m}^3$  olmaktadır. Bu miktarın yaklaşık olarak ancak % 41'i kullanılmaktadır (Erkek ve Ağırlioğlu, 2010; DSİ, 2011a).

#### **1.4. Ülkemiz Su Kaynakları ile Su Tüketiminin Karşılaştırılması**

Çoğu kez zannedildiği gibi Türkiye su zengini bir ülke değildir. Aksine gerekli önlemler alınmaz ise gelecekte su sıkıntısı çeken bir ülke olacaktır. Ülkenin su sıkıntısına düşmesine neden olacak etmenler şunlardır: Sorunlu coğrafya nedeniyle su kaynaklarını kontrol etme güçlüğü, yağış ve su kaynaklarının dengesiz dağılımı, su havzasına dayalı bütünleştirilmiş su yönetimi uzun vadeli planlaması yerine, kısa vadeli, bölgesel, ayrı planlar vasıtasıyla su kaynaklarından yararlanılması. Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı  $1600 \text{ m}^3$  dür. Diğer ülkeler ve dünya ortalamasıyla kıyaslarsak, Türkiye kişi başına kullanılabilir su miktarı bakımından su azlığı çeken ülkeler arasında görülebilir. Kişi başına  $5000 \text{ m}^3$  ve fazla su potansiyeli olan bir ülke "su zengini" olarak kabul edilir.

2023 yılı için nüfusumuzun 100 milyon olacağını öngörülmektedir. Bu durumda 2023 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının  $1125 \text{ m}^3/\text{yıl}$  civarında olacağı söylenebilir. Mevcut büyüme hızı, su tüketim alışkanlıklarının değişmesi gibi faktörlerin

etkisi ile su kaynakları üzerine olabilecek baskıları tahmin etmek mümkündür. Ayrıca tüm bu tahminler mevcut kaynakların hiç tahrip edilmeden aktarılması durumunda söz konusu olabilecektir. Dolayısıyla Türkiye'nin gelecek nesillerine sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için kaynakların çok iyi korunup, akılcı kullanması gerekmektedir.

Tüm belediyelere uygulanan 2008 yılı Belediye Su İstatistikleri Anketi (TÜİK, 2011b) sonuçlarına göre, 3225 belediyeden 3190'ında içme ve kullanma suyu şebekesi ile hizmet verildiği tespit edilmiştir.

Belediyeler tarafından içme ve kullanma suyu şebekesi ile dağıtılmak üzere 2008 yılı itibariyle 4.56 milyar m<sup>3</sup> su çekilmiştir. Çekilen suyun % 40'ı barajlardan, % 28'i kuyulardan, % 23'ü kaynaklardan, % 4'ü akarsulardan ve % 5'i göl ve göletlerden çekilmektedir (TÜİK, 2011b).

2008 yılı itibariyle belediyelere ait 170 içme suyu arıtma tesisi bulunmakta ve bu tesisler ile 434 belediyeye hizmet verilmektedir (TÜİK, 2011b).

İçme ve kullanma suyu şebekesi ile dağıtılmak üzere çekilen toplam 4.56 milyar m<sup>3</sup> suyun 2.13 milyar m<sup>3</sup>'ü arıtma tesislerinde arıtılmıştır. Arıtılan suyun % 2.5'ine fiziksel, % 95.3'üne konvansiyonel ve % 2.2'sine ise gelişmiş arıtma uygulanmıştır (TÜİK, 2011b).

## **1.5. Ülkemiz Su Kaynakları Standart ve Yönetmelikleri**

### **1.5.1. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği**

31.12.2004 tarihli, 25687 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"nin amacı, ülkenin yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin korunması ve en iyi bir biçimde kullanımının sağlanması için, su kirlenmesinin önlenmesini sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde gerçekleştirmek üzere gerekli olan hukuki ve teknik esasları belirlemektir.

Bu yönetmelik su ortamlarının kalite sınıflandırmaları ve kullanım amaçlarını, su kalitesinin korunmasına ilişkin planlama esasları ve yasaklarını, atık suların boşaltım ilkelerini ve boşaltım izni esaslarını, atık su altyapı tesisleri ile ilgili esasları ve su kirliliğinin önlenmesi amacıyla yapılacak izleme ve denetleme usul ve esaslarını kapsar.

Çalışma kapsamında incelenen su kalite parametrelerinin SKKY'ye göre ilgili sınıfları, Tablo 3'te verilmektedir (SKKY, 2004).

Tablo 3. Kıtaiçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite ölçütleri

| Parametreler                           | Su Kalite Sınıfları |           |           |                   |
|--|---------------------|-----------|-----------|-------------------|
|  | I                   | II        | III       | IV                |
| ÇO (mg/L)                              | 8                   | 6         | 3         | < 3               |
| t (°C)                                 | 25                  | 25        | 30        | > 30              |
| pH                                     | 6.5 - 8.5           | 6.5 - 8.5 | 6.0 - 9.0 | 6.0 - 9.0 dışında |
| Eİ (mS/cm)                             | -                   | -         | -         | -                 |
| T (NTU)                                | -                   | -         | -         | -                 |
| AKM (mg/L)                             | -                   | -         | -         | -                 |
| TH (°dH)                               | -                   | -         | -         | -                 |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/L) | 0.2                 | 1         | 2         | > 2               |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L) | 0.002               | 0.010     | 0.050     | > 0.050           |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L) | 5                   | 10        | 20        | > 20              |
| TKN (mg/L)                             | 0.5                 | 1.5       | 5         | > 5               |
| TN (mg/L)                              | -                   | -         | -         | -                 |
| TP (mg/L)                              | 0.020               | 0.160     | 0.650     | > 0.650           |
| MBAS (mg/L)                            | 0.050               | 0.200     | 1         | > 1.5             |
| KOİ (mg/L)                             | 25                  | 50        | 70        | > 70              |
| TOC (mg/L)                             | 5                   | 8         | 12        | > 12              |
| Mn <sup>2+</sup> (mg/L)                | 0.100               | 0.500     | 3         | > 3               |
| Al <sup>3+</sup> (mg/L)                | 0.3                 | 0.3       | 1         | > 1               |
| Fe (mg/L)                              | 0.3                 | 1         | 5         | > 5               |
| Cr (mg/L)                              | 0.020               | 0.050     | 0.200     | > 0.200           |

Sınıf I : Yüksek kaliteli su,

Sınıf II : Az kirlenmiş su,

Sınıf III : Kirli su,

Sınıf IV : Çok kirlenmiş su.

Yukarıda belirtilen kalite sınıflarına karşılık gelen suların, aşağıdaki su kullanım alanları için uygun olduğu kabul edilir.

Sınıf I- Yüksek kaliteli su; yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu temini, rekreasyonel amaçlar (yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil), alabalık üretimi, hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı, diğer amaçlar.

Sınıf II- Az kirlenmiş su; İleri veya uygun bir arıtma ile içme suyu temini, rekreasyonel amaçlar, alabalık dışında balık üretimi, Teknik Usuller Tebliği'nde verilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu olarak, Sınıf I dışındaki diğer bütün kullanımlar.

Sınıf III-Kirlenmiş su; Gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren endüstriler hariç olmak üzere uygun bir arıtmadan sonra endüstriyel su temininde kullanılabilir.

Sınıf IV-Çok kirlenmiş su; Sınıf III için verilen kalite parametrelerinden daha düşük kalitede olan ve üst kalite sınıfına iyileştirilerek kullanılacak yüzeysel sulardır.

Çalışma kapsamında incelenen su kalite parametrelerinden; pH, KOİ, ÇO, AKM, TN'in SKKY'ye göre baraj haznelerinin ötrofikasyon kontrolü sınır değerleri, Tablo 4'te verilmektedir (SKKY, 2004).

Tablo 4. Baraj haznelerinin ötrofikasyon kontrolü sınır değerleri

| İstenen Özellikler | Kullanım Alanı                   |                          |
|--------------------|----------------------------------|--------------------------|
|                    | Doğal koruma alanı ve rekreasyon | Çeşitli kullanımlar için |
| pH                 | 6.5 - 8.5                        | 6.0 - 10.5               |
| KOİ (mg/L)         | 3                                | 8                        |
| ÇO (mg/L)          | 7.5                              | 5                        |
| AKM (mg/L)         | 5                                | 15                       |
| TN (mg/L)          | 0.1                              | 1                        |

### 1.5.2. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik

17.02.2005 tarihli, 25730 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik" in (İTASHY, 2005) amacı, insani tüketim amaçlı suların teknik ve hijyenik şartlara uygunluğu ile suların kalite standartlarının sağlanması, kaynak suları ve içme sularının istihsalı, ambalajlanması, etiketlenmesi, satışı, denetlenmesi ile ilgili usul ve esasları düzenlemektir.



Bu yönetmelik, kaynak suları, içme suları ve içme-kullanma suları ile ilgili hükümleri kapsar. Ancak, doğal mineralli sular, kaplıca ve içmece suları ile tıbbi amaçlı suları kapsamaz.

Avrupa Birliğine Üye Ülkelerde esas alınan İnsani Kullanım Amaçlı Suların Kalitesine Dair 98/83/EC sayılı Konsey Direktifi, Doğal Mineralli Suların Çıkarılması ve Pazarlanmasına İlişkin Üye Devletlerin Kanunlarının Uyumlaştırılması Hakkındaki 15/7/1980 tarihli ve 80/777/EEC sayılı Konsey Direktifi ile Doğal Mineralli Sular İçin Konsantrasyon Limitleri ve Etiketleme Bilgileri Hakkında Liste Oluşturulması ve Doğal Mineralli Suların ve Kaynak Sularının Ozonla Zenginleştirilmiş Hava ile İşleme Tabi Tutulmasının Şartlarını Belirleyen 16/5/2003 tarihli ve 2003/40/EC sayılı Konsey Direktifine paralel olarak hazırlanmıştır.

### **1.5.3. TS (Türk Standardı) 266**

Türk Standartları Enstitüsü (TSE)'nin Kimya Hazırlık Grubu'nca TS 266 (1997)'nin revizyonu olarak hazırlanmış ve sonra, TSE Teknik Kurulu'nun 29 Nisan 2005 tarihli toplantısında kabul edilerek yayımına karar verilmiştir.

Çalışma kapsamında incelenen su kalite parametrelerinin, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (İTASHY) ve TS 266 (Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular) göre ilgili sınıfları, Tablo 5'te verilmektedir (İTASHY, 2005; TS 266, 2005).

Tablo 5. Ulusal standart ve yönetmeliklerde su kalite ölçütleri

| Parametreler                 |         | İTASHY (2005)                 | TS 266 (2005)                 |                               |
|------------------------------|---------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                              |         |                               | Sınıf 1 ve 2<br>Tip 1         | Sınıf 2<br>Tip 2              |
| ÇO                           | (mg/L)  | -                             | -                             | -                             |
| t                            | (°C)    | -                             | -                             | -                             |
| pH                           |         | $6.5 \leq \text{pH} \leq 9.5$ | $6.5 \leq \text{pH} \leq 9.5$ | $6.5 \leq \text{pH} \leq 9.5$ |
| Eİ (20°C)                    | (mS/cm) | 2.5                           | 0.65                          | 2.5                           |
| T                            | (NTU)   | *                             | 5                             | 5                             |
| AKM                          | (mg/L)  | -                             | -                             | -                             |
| TH                           | (°dH)   | -                             | -                             | -                             |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | (mg/L)  | 0.5                           | 0.05                          | 0.5                           |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | (mg/L)  | 0.5                           | 0.1                           | 0.5                           |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | (mg/L)  | 50                            | 25                            | 50                            |
| TKN                          | (mg/L)  | -                             | -                             | -                             |
| TN                           | (mg/L)  | -                             | -                             | -                             |
| TP                           | (mg/L)  | -                             | -                             | -                             |
| MBAS                         | (mg/L)  | -                             | -                             | -                             |
| KOİ                          | (°dH)   | -                             | -                             | -                             |
| TOC                          | (mg/L)  | **                            | ***                           | ***                           |
| Mn <sup>2+</sup>             | (mg/L)  | 0.050                         | 0.020                         | 0.050                         |
| Al <sup>3+</sup>             | (mg/L)  | 0.200                         | 0.200                         | 0.200                         |
| Fe                           | (mg/L)  | 0.200                         | 0.050                         | 0.200                         |
| Cr                           | (mg/L)  | 0.050                         | 0.050                         | 0.050                         |

\* : Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok,

\*\* : Anormal değişim yok,

\*\*\* : Fark edilebilir bir değişiklik gözlenmemelidir.

Sınıf 1 : Kaynak (memba) suları,

Sınıf 2 : Kaynak suları dışındaki insani tüketim amaçlı sular,

Tip 1 : İşlem görmüş kaynak (memba) suları,

Tip 2 : İçme ve kullanma suları.

Kaynak (membra) suları; jeolojik koşulları uygun jeolojik birimlerin içinde doğal olarak oluşan, bir çıkış noktasından kendiliğinden yeryüzüne çıkan veya teknik yöntemlerle yapay olarak yeryüzüne çıkarılan, bu standartta belirtilen özellikleri orijinal hali ile sağlayan, sıcaklık, debi ve özellikleri mevsimlere göre çok az değişiklik gösteren, yağışlar, yüzey suları ve taban suyundan büyük ölçüde etkilenmeyen, göze, pınar, kuyu, galeri vb. yer altı kaynaklı sulardır.

İşlem görmüş kaynak (membra) suları; Jeolojik koşulları uygun jeolojik birimlerin içinde doğal olarak oluşan, bir çıkış noktasından kendiliğinden yeryüzüne çıkan veya teknik yöntemlerle yapay olarak yeryüzüne çıkarılan, bu standartta belirtilen özellikleri ancak dezenfeksiyon, filtrasyon, çöktürme, saflaştırma ve benzeri işlemler uygulandıktan sonra ya da özellik değerlerinin azaltılması veya artırılmasıyla sağlayabilen yeraltı kaynaklı sulardır.

İçme ve kullanma suları; kaynağına bakılmaksızın orijinal haliyle veya arıtıldıktan sonra bu standartta belirtilen özellikleri sağlayan, genel olarak içme, yemek yapma, gıda maddelerinin hazırlanması (gıda maddelerinin hazırlanmasında gıda maddesi ile doğrudan temas eden sular) vb. amaçlar ile temizlik amacıyla kullanılan sulardır.

## **1.6. Literatür Araştırması**

### **1.6.1. Yüzeysel Su Kalitesine Yönelik Çalışmalar**

Dügel (2001), Büyük Menderes Nehri'nde seçilen on yedi istasyonda; pH, Eİ, ÇO,  $\text{NO}_2^-$ -N,  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{NH}_4^+$ -N,  $\text{PO}_4^{3-}$ -P,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  ve TH parametrelerini mevsimsel olarak incelemiştir.

Kalyoncu (2002), 2000 Şubat - 2001 Ocak'ı kapsayan 12 aylık sürede, Isparta İli yüzeysel su kaynaklarından Aksu Çayı'nda seçilen altı istasyonda aylık olarak yürütülen çalışmada; pH, t, Eİ, ÇO, T,  $\text{BOI}_5$ ,  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{NH}_4^+$ -N,  $\text{PO}_4^{3-}$ -P,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ , TS,  $\text{Ca}^{2+}$  ve  $\text{Mg}^{2+}$  parametrelerini incelemiştir.

Erdem (2002), 2001 Ocak - 2002 Şubat'ı kapsayan 14 aylık sürede, Antalya İli yüzeysel su kaynaklarından Düden Çayı'nda seçilen dört istasyonda aylık olarak yürütülen çalışmada; pH, t, Eİ, tuzluluk, ÇO, T, TKM, AKM,  $\text{BOI}_5$ ,  $\text{KOI}$ , TN,  $\text{NO}_2^-$ -N,  $\text{NO}_3^-$ -N, TP ve  $\text{PO}_4^{3-}$ -P parametrelerini incelemiştir.

Kurmaç (2003) tarafından, 2001 Kasım, 2002 Mart ve 2003 Haziran'ı kapsayan süreçte, Aksaray İli yüzeysel su kaynaklarından Ulurmak Çayı'nda seçilen yedi istasyonda yürütülen çalışmada; pH, t, Eİ, tuzluluk, ÇO, TÇK, AKM,  $\text{NO}_2^-$ -N,  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{NH}_4^+$ -N,  $\text{BOI}_5$ ,  $\text{KOI}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ , toplam Fe ve  $\text{CN}^-$  parametreleri incelenmiştir.

Küçükbalı (2003) tarafından, 2002 Şubat - 2003 Ocak'ı kapsayan 12 aylık sürede, Bursa İli yüzeysel su kaynaklarından Nilüfer Çayı'nda seçilen on beş istasyonda iki ayda bir olarak yürütülen çalışmada; pH, t, Eİ, ÇO, AKM,  $\text{BOI}_5$ ,  $\text{KOI}$ ,  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{NH}_4^+$ -N, TKN, TN, TP,  $\text{PO}_4^{3-}$ -P,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , As,  $\text{B}^{3+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ , toplam Fe,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$  ve  $\text{Sn}^{2+}$  parametreleri incelenmiştir.

Odabaşı (2005) tarafından, 2002 Mayıs - 2003 Eylül'ü kapsayan 16 aylık sürede, Çanakkale İli yüzeysel su kaynaklarından Sarıçay akarsuyunda seçilen üç istasyonda aylık olarak yürütülen çalışmada; pH, t, tuzluluk,  $\text{NO}_2^-$ -N,  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{NH}_4^+$ -N,  $\text{PO}_4^{3-}$ -P, organik  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , toplam Fe,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  ve  $\text{Cu}^{2+}$  parametreleri incelenmiştir.

Bulut (2005) tarafından, 2004 Nisan -2004 Kasım'ı kapsayan 8 aylık sürede, Trabzon İli yüzeysel su kaynaklarından Galyan akarsuyunda seçilen üç istasyonda aylık olarak yürütülen çalışmada; pH, t, Eİ, ÇO, T,  $\text{NO}_2^-$ -N,  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{NH}_4^+$ -N, TKN,  $\text{PO}_4^{3-}$ -P, MBAS,  $\text{KOI}$ ,  $\text{BOI}_5$ , TH, toplam Fe,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  ve  $\text{Zn}^{2+}$  parametreleri incelenmiştir.

Yorulmaz (2006) tarafından, 2003 Haziran - 2005 Haziran'ı kapsayan 24 aylık sürede, Muğla ve Antalya İlleri arasında sınır oluşturan Eşen Çayı'nda seçilen yedi istasyonda aylık olarak yürütülen çalışmada; pH, t, Eİ, ÇO,  $\text{BOI}_5$ , TH,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ -N,  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{NO}_2^-$ -N,  $\text{PO}_4^{3-}$ -P, AKM ve TOM parametreleri incelenmiştir.

Kaçan (2006) tarafından, 2005 Eylül - 2006 Mayıs'ı kapsayan dokuz aylık sürede, Denizli İli yüzeysel su kaynaklarından Gümüşçay, Çürüksu ve Büyük Menderes Nehri'nde seçilen altı istasyonda aylık olarak yürütülen çalışmada; pH, t, Eİ, tuzluluk, TÇK, ÇO,  $\text{BOI}_5$  ve  $\text{KOI}$  parametreleri incelenmiştir.

Şen (2007) tarafından, 2005 Kasım - 2006 Eylül'ü kapsayan 11 aylık sürede, Düzce İli yüzeysel su kaynaklarından Büyük Melen Nehri'nde iki, Küçük Melen Nehri'nde üç ve Asar Suyu'nda bir olmak üzere seçilen toplam altı istasyonda iki ayda bir olmak üzere yürütülen çalışmada; pH, t, ÇO,  $\text{NH}_4^+$ -N,  $\text{NO}_2^-$ -N,  $\text{NO}_3^-$ -N, TP,  $\text{BOI}_5$ ,  $\text{KOI}$ , Hg,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ , As,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ , toplam Fe,  $\text{Mn}^{2+}$  ve  $\text{Al}^{3+}$  parametreleri incelenmiştir.

Duran ve Suiçmez (2007), 2002 Şubat - 2003 Ocak'ı kapsayan 12 aylık sürede, Tokat İli yüzeysel su kaynaklarından Çekerek Akarsuyu'nda seçilen on istasyonda mevsimsel olarak yürüttükleri çalışmada; pH, t, Eİ, TÇK, ÇO,  $\text{CaCO}_3$ , TOC,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,

$\text{PO}_4^{3-}$ -P,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ , toplam Fe,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  ve  $\text{B}^{3+}$  parametrelerini incelemişlerdir.

Tanriverdi vd. (2010) tarafından, 2005 Nisan, Ağustos ve Ekim'i kapsayan dönemde, Ceyhan Nehri'nde seçilen 31 istasyonda mevsimsel olarak yürütülen çalışmada; pH, t, Eİ, CO,  $\text{NH}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ve  $\text{Mg}^{2+}$  parametreleri incelenmiştir.

Usta (2011) tarafından, 2010 Eylül - 2011 Ağustos'u kapsayan 12 aylık sürede, Trabzon İli yüzeysel su kaynaklarından Galyan ve Şimşirli akarsularında seçilen 23 istasyonda aylık olarak yürütülen çalışmada pH, t, Eİ, TN, TP,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  ve  $\text{K}^+$  parametreleri incelenmiştir.

### 1.6.2. Kentleşmenin ve Kentsel Atıksuların Yüzeysel Su Kalitesine Etkileri

Kentleşme dar anlamda, kent sayısının ve kentlerde yaşayan nüfusun artmasıdır. Kentsel nüfus, bir yandan, doğumların ölümlerden fazla olmasından, öte yandan da köylerden ve kasabalardan gelenlerle, yani iç göçle artar (Akal vd., 1999).

Kentleşmeyi yalnız bir nüfus hareketi olarak görmek yeterli değildir. Çünkü kentleşme hareketini, bir toplumun ekonomik ve toplumsal yapısındaki değişimler doğurur. O halde, kentleşmenin tanımı, nüfus hareketini yaratan ekonomik ve toplumsal değişimleri de hesaba katmak zorundadır. Bu yüzden kentleşme hareketini, geniş anlamda ve doğru bir biçimde, sanayileşmeye ve ekonomik gelişmeye koşut olarak, kent sayısının artması ve kentlerin büyümesi sonucunu doğuran, toplum yapısında, artan oranda örgütlenme, işbölümü ve uzmanlaşma yaratan, insanların davranış ve ilişkilerinde kentlere özgü değişikliklere yol açan bir nüfus birikimi süreci olarak tanımlamak gerekir (Akal vd., 1999).

Kentsel alan, farklı arazi kullanımları, gelişme yoğunlukları, gelişme yaşları ve havza toprak örtüsü yüzdelерinden dolayı karmaşık bir sistemdir. Arazi kentleştirildikçe, bitki örtüsünün uzaklaştırılması ve zeminin sıkıştırılması beraberinde kaplanmış yollar, otoparklar, çatılar gibi yapay yüzeyler doğal arazi yüzeyleri ile yer değiştirir. Yüzeysel akışın akarsu kanallarına iletimini hızlandırmak için kentsel alanlarda su toplama kanalları, kanalizasyon şebekesi, yağmur suyu kanalları inşa edildiğinde drenaj sistemi de fazlasıyla etkilenir. Bu kanallar fazlasıyla değiştirilir ve yer altı menfezlerine kadar indirilir. Ayrıca, kentsel gelişim akarsu taşkın yatağına kadar yayılabilir ve böylece sel suyunun depolanmasını ve iletimini azaltabilir (Hall, 1984; Fogg ve Wells, 1998; Brilly vd., 2006).

Kentleşmenin hidrolojik çevrim üzerindeki etkisi karmaşıktır ve hemen hemen tüm hidrolojik süreçleri etkiler.

Daniel vd. (2002), 1997'de Piracicaba Nehri havzasındaki (Brezilya) on akarsuda kentsel atıksuların; ÇO, Eİ, DIC ve DOC parametreleri üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. 12400 km<sup>2</sup> drenaj alanına sahip ve Brezilya'nın en gelişmiş bölgelerinden biri olan havzadaki çalışmada, ortaya çıkan toplam atıksu yükünün sadece % 16'sının arıtıldığı, dolayısıyla atıksu deşarjlarının akarsulardaki ÇO, Eİ, DIC ve DOC konsantrasyonlarını ciddi bir şekilde değiştirdiği belirtilmiştir. Ancak, bölgede bir arıtma tesisi devreye girdikten sonra ÇO konsantrasyonunda, DIC ve DOC konsantrasyonlarında meydana gelen bir azalmanın takip ettiği bir iyileşme elde edildiği çalışmada vurgulanmıştır.

Brilly vd. (2006), 2003 Temmuz - 2004 Mayıs'ı kapsayan sürede, kentleşmenin Glinscica akarsuyuna (Slovenya) olan etkisini; pH, TÇK, ORP, Eİ, ÇO, t, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N ve NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N parametreleri bakımından gözlemlemişlerdir. Beton akarsu yatağındaki aşırı alg büyümesinin su akımına önemli bir etki yaptığını ve su hızını % 25 kadar azalttığını belirlemişlerdir. Ayrıca, aşırı alg büyümesinin, gün içinde oksijence aşırı doygunluğa ve nitratta büyük bir azalmaya yol açtığını tespit etmişlerdir.

Lewis vd. (2007), 2003 Haziran, Temmuz ve Ekim'i kapsayan üç aylık sürede, Güney Carolina'da (ABD) Büyük Brushy Çayı'nda, su kimyasına ve biyolojisine olan kentsel etkileri araştırmışlardır. pH, Eİ, ÇO, t, T, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ve SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> parametrelerini incelemişlerdir. Havza boyunca akarsu habitat kalitesini, kentleşmeden önce tarım ya da diğer arazi kullanımlarının bozmuş olabileceği sonucuna varmışlardır.

Ünlü ve Tunç (2007), 2006 Nisan, Mayıs ve Haziran'ı kapsayan üç aylık sürede Keban Baraj Gölü'ne dökülen Kehli Deresi'nde, Elazığ Kenti Atıksu Arıtma Tesisi çıkış sularının deşarj edilmeden önce (bir noktada) ve deşarj edildikten sonraki noktalarda (beş noktada) mesafeye bağlı olarak su kalitesinin değişimini incelemişlerdir. Tesis çıkış suları deşarj edilmeden önceki noktada; KOİ, TKN ve TP değerlerinin sırasıyla 10-55 mg/L, 0.47-3.36 mg/L ve 1.84-3.18 mg/L arasında değişirken, deşarjdan sonra 80-240 mg/L, 4.92-41.16 mg/L ve 7.23-23.93 mg/L arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Kehli Deresi'nin atıksu deşarjından sonra SKKY'ye (2004) göre tüm noktalarda IV. Sınıf su kalitesine sahip olduğunu belirlemişler, yaz aylarında azalan debinin etkisiyle de kirleticileri özümleme kudretinin hemen hemen bulunmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Miserendino vd. (2008), 2005 Mayıs - 2006 Şubat'ı kapsayan sürede, Arjantin Andes Dağları akarsularına olan kentsel etkileri değerlendirmişlerdir. Las Minas, Esquel ve Carbon akarsularında; pH, Eİ, ÇO, T, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, SRP ve TSS parametrelerini dört farklı dönemde takip etmişlerdir.

Peters (2009), 2003 Ocak - 2003 Aralık'ı kapsayan bir yıllık sürede Amerika Birleşik Devletleri, Georgia eyaleti Atlanta şehrinde, kentleşmenin yüzeysel su kalitesine olan etkilerini araştırmıştır. Chattahoochee ve Ocmulgee havzalarındaki, Nancy Çayı, Peachtree Çayı, Proctor Çayı, Sandy Çayı, Utoy Çayı ve South Nehri'nde seçilen ikisi referans olmak üzere toplamda 23 istasyonda ayda bir örnekleme yaparak, pH, Eİ, ÇO, t, T, AKM, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, SiO<sub>2</sub>, alkalinite, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P, TP, Al<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Cr<sup>6+</sup>, toplam Fe, Mn<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup> ve Zn<sup>2+</sup> parametrelerini incelemiştir.

Aitkenhead-Peterson vd. (2010), 2007 Mart - 2008 Şubat'ı kapsayan bir yıllık sürede güney-merkez Teksas'da, kentleşmenin yüzeysel su kimyasına olan etkilerini araştırmışlardır. Brazos Nehri'nin yan kolları olan 13 havzada iki haftada bir örnekleme yaparak, pH, Eİ, F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> ve Ca<sup>2+</sup> parametrelerini incelemiştir.

### **1.6.3. Barajların Askı Maddesi ve Yüzeysel Su Kalitesine Olan Etkileri**

Yirminci yüzyılda su kaynakları yönetiminin en önemli ve gözle görülür araçlarından biri olarak büyük barajlar ortaya çıkmıştır. Dünyadaki büyük nehir sistemlerinin çoğu barajlar ve akım düzenlemeleriyle çok ya da kısmen etkilenmiştir (Dynesius ve Nilsson 1994; Pohl 2004).

Baraj yapılarının, mansap bölgelerinde hidroloji ve katı madde taşınım özelliklerini değiştirdiği bilinmektedir. Barajlar en yüksek akım debilerini azaltırken, en düşük akım debilerini de artırmaktadır. Sonuç olarak, barajlar akımı düzenli ve daha az değişken yapmaktadır. Sağlam bir taşkın yatağı ekosistem için önemli olabilen mansap taşkın olayları nadir gerçekleşir. Bu yüzden su kaynakları planlama ve geliştirme projeleri ile nehir ıslah ve düzenleme çalışmaları, bölgenin iklim koşullarını, jeolojik ve hidrolojik etkenleri, geometrik ve hidrolik özellikleri, ekolojik ve biyolojik yapıyı, politik ve ekonomik etkenleri dikkate almalı ve ciddi olarak değerlendirmelidir (Simons ve Senturk 1992; Isik vd. 2008).

Hay (1994), Karadeniz'in Türkiye kısmındaki nehirlerinin baraj öncesi ve sonrası katı madde ve debi oranlarını incelemiştir. Hidroelektrik barajların yapımından önce yaklaşık  $70 \times 10^6$  t/y olan katı madde debisinin, sonrasında  $28 \times 10^6$  t/y olduğunu tespit etmiştir. Katı madde yükündeki bu ani düşüşe büyük ölçüde, Yeşilirmak ve Kızılırmak Nehirleri'nin ağız tarafına yakın yerlerdeki barajların neden olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Stow vd. (2001), Neuse Nehri'nin (Kuzey Carolina) 35 km yukarısında 1983'de tamamlanan bir barajın hemen sonrasındaki istasyonda azot ve fosfor konsantrasyonlarında belirgin bir azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

Taleb vd. (2004), Tafna Nehri'nde (Cezayir) 1996 ile 2001 yıllarını kapsayan süreçte baraj inşa öncesi ve sonrası su kalitesini;  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Eİ}$ ,  $\text{BOİ}$ , pH, t ve ÇO parametreleri yönünden incelemişler ve barajın su kalitesine olan etkilerine dikkat çekmişlerdir. Tafna Nehri, yarı kurak bir bölgede olup Maghnia kasabasından gelen oldukça kirli atıksuları bünyesine almaktadır. Baraj sonrası bölümde  $\text{BOİ}$ 'de önemli bir azalma,  $\text{NH}_4^+$ 'te ise artış tespit edilmiştir.

Kurunc vd. (2006), Kelkit Çayı (Türkiye) Fatlı su kalitesi gözlem istasyonunun 1970-2001 yılları arasındaki kayıtlarına dayanarak gerçekleştirdikleri çalışmada Kılıçkaya Barajı'nın su kalitesine olan etkilerini araştırmışlardır. Kılıçkaya Barajı öncesi ve sonrası dönemleri karşılaştırdıklarında, TÇK,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  ve  $\text{SO}_4^{2-}$  parametrelerinin konsantrasyon değerlerinde sırasıyla % 12.6, 9.4, 16.5, 15.3, 10.3 ve 21.5'lik bir azalma olduğunu belirlemişlerdir. Kelkit Çayı su kalitesinin, Kılıçkaya Barajı tarafından oldukça etkilendiği sonucuna ulaşmışlardır.

Wei vd. (2009), Lancang Nehri'nin (Çin) kendi kendine su arıtım kapasitesini ve baraj inşasının su kalitesine olan etkilerini araştırmışlardır. Çalışmalarında, 1985-2005 arası aylık su kalitesi ve 1958-2000 arası günlük akım verilerini kullanmışlardır. Çalışmada, Lancang Nehri'ni Xiaowan-Manwan, Manwan-Dachaoshan, Dachaoshan-Jinglinqiao ve Jinghong-Ganlanba bölümlerine ayırmışlardır. Manwan ve Dachaoshan tamamlanmış, Xiaowan inşaat halinde ve Ganlanba ise planlanmakta olan barajlardır. Manwan ve Dachaoshan barajlarının birlikte işletilmesinin baraj sonrası bölümün su kalitesine kümülatif olarak olumlu bir etki yaptığını belirlemişlerdir. Manwan barajının yapımı genelde rezervuarın ve baraj sonrası bölümde suyun kendi kendine arıtım kapasitesini olumsuz etkilediği sonucuna ulaşmışlardır.

Ouyang vd. (2011), Yellow Nehri'nin (Çin) Longliu bölümündeki enerji üretimi amacıyla inşa edilen sekiz ardışık barajın (Longyangxia, Nina, Liji Xia, Zhiganglaka,



Kongyang, Gongboxia, Suzhi ve Liujiaxia) neden olduğu hidrolojik düzensizliği ve çevresel etkiyi araştırmışlardır. 1975'te 15380 ton olan TN yükünün, ardışık barajların inşasından sonra 2006'da 390 tona gerilediğini, TP yükünün de 1996 kg'dan 328 kg'a kadar düştüğünü belirlemişlerdir. Ardışık barajların işletilmesinden dolayı, çıkış ve giriş arasındaki kum konsantrasyonu farkının  $0.111 \text{ kg/m}^3$ 'den  $0.074 \text{ kg/m}^3$ 'e düştüğünü tespit etmişlerdir. Barajların, kendine özgü havza eko-çevresel dokusunu bozduklarını, fakat geciktirme işlevlerinin, havza kirlilik kontrolünün parçası olarak kullanılabilirlikleri sonucuna varmışlardır.

Wiatkowski (2011), Nysa Szalona Nehri'nin (Polonya) akımını ve Slup Barajı'nın  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{BOI}_5$ ,  $\text{KOI}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , TOC, EI, t ve AKM parametreleri bakımından da nehrin su kalitesine olan etkisini araştırmışlardır.

Tiessen vd. (2011), South Tobacco Çayı havzasında (Kanada) Steppler ve Madill isimli iki küçük barajın, akarsuyun su kalitesine ve miktarına olan etkisini incelemişlerdir. 1999 ile 2007 yılları arasında, bu iki küçük barajın pik akımları (Mart-Nisan arasında kar erimesi ile Mayıs-Kasım kadarki süreçteki yaz yağmurları) ve mansaptaki sediment ve nütrient (TN ve TP) yükünü azalttığı gözlemlenmiştir. Steppler Barajı, yıllık sediment yükünün % 77'sini, TN'in % 15'ini ve TP'nin ise % 12'sini, Madill Barajı da yıllık sediment yükünün % 66'sını, TN'in % 20'sini ve TP'nin ise % 9'unu azalttığı belirlenmiştir.

#### **1.6.4. Yüzeysel Suların Kendi Kendine Arıtımına Yönelik Çalışmalar**

Karrasch vd. (2006), pulp ve kağıt fabrikası atıksularının, Biobio Nehri'nin (Şili) su kalitesine olan etkisini, nehrin miktoplankton sistemini ve mikrobiyal kendi kendine arıtım kapasitesini (hücre dışı enzimler yoluyla polimerik organik bileşiklerin bozunması) incelemişlerdir. Nehrin su kalitesine olan fizikokimyasal etki, artan iletkenlik, su kütlesinin nitrat, nitrit ve çözülebilir reaktif fosfor ile kirlenmesi, tanin ve ligninin görüntüsü ve nehir boyunca inorganik ve organik askı maddesinin sürekli birikimiyle belirlenmiştir. Endüstriyel proses suları nehre hücre dışı enzimler getirmekte, bu da nehrin kendi kendine arıtım kapasitesinin toplam performansını artırmaktadır. Ancak, Biobio Nehri'ndeki doğal koşullar fena halde bozulmuştur.

Cukrov vd. (2008), Krka Nehri'nde (Hırvatistan) çözülmüş ve toplam iz elementlerin ( $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  ve  $\text{Cu}^{2+}$ ) yere göre dağılımını ve nehrin kendi kendine arıtım

işlemini incelemişlerdir. Krka Nehri üst ve alt akım bölgelerine ayrılmış ve üst akım bölgesinde Knin Kasabasının mansabında arıtılmamış atıksu deşarjının sonucu olarak eser metal konsantrasyonunda ciddi bir artış kaydedilmiştir. Üst akım bölgesinin sonundaki küçük göllerde eser metallerin büyük bir kısmının çökeldiği tespit edilmiş ve önemli bir kendi kendine arıtım işlemi meydana gelmiştir.

Vaikasas ve Dumbrauskas (2010), Nemunas Nehri'nin (Litvanya) taşkın yatağındaki kendi kendine arıtım işlemi ve azot tutulumunu araştırmışlardır. Nemunas Havzası'nın Litvanya'ya ait bölümünde, 1994-2002'yi kapsayan dönemde gerçekleştirdikleri çalışmada azot konsantrasyonunun yaklaşık % 8-10 azaldığı sonucuna ulaşmışlardır. AKM miktarının yaklaşık % 40'nın Nemunas Deltası'nın suyla kaplı otlaklarında tutulabileceğini tahmin etmişlerdir.

### **1.6.5. Su Kalitesi Modelleme Çalışmaları**

#### **1.6.5.1. Su Kalitesi Modelleme Çalışmalarında Yapay Sinir Ağları Yöntemi**

Moatar vd. (1999), Loire Nehri'nde (Fransa) seçilen Dampierre istasyonunda 1990-1995'i kapsayan altı yıllık süreçte günlük olarak ölçülen pH değerlerini, yapay sinir ağları (YSA) modeli kullanarak tahmin etmişlerdir. YSA modelinde giriş verileri olarak günlük debi, güneş radyasyonu ve su sıcaklığı kullanılmıştır. Üç gizli katmanlı ve girdi verisi olarak günlük debi ve güneş radyasyonunun kullanıldığı YSA modeli,  $R^2 = 0.86$  değeri ile en iyi model olarak belirlenmiştir. Hidro-meteorolojik veriler kullanılarak oluşturulan YSA modelinin, günlük pH değerlerini tahmin etmede kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Huang ve Foo (2002), Apalachicola Nehri'ndeki (Florida, ABD) tuzluluk değişimini YSA ile modellemişlerdir. Modelde, rüzgar hızı ve yönü, gelgitler ve akım verileri kullanılarak tuzluluk tahmin edilmiştir. YSA modelinin geleneksel çoklu regresyon modeline göre daha iyi sonuçlar verdiği ve kabul edilebilir tahminler yaptığı belirlenmiştir.

Suen ve Eheart (2003), Sangamon Nehri'nde (Illinois, ABD) ölçülen  $\text{NO}_3^-$  verilerini tahmin etmek için YSA kullanmıştır. Giriş verileri olarak kümülatif günlük yağış ve günlük en yüksek sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Geri yayınlı ve radyal tabanlı olmak üzere iki farklı YSA modeli kullanmıştır. Radyal tabanlı YSA'nın yüksek doğrulukta sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Soyupak vd. (2003), Keban, Kuzgun ve Doğancı Barajlarında (Türkiye) iki yıllık süreçte ölçülen çözünmüş oksijen konsantrasyonu verilerini, YSA kullanarak tahmin etmişlerdir. Modelde, giriş verileri olarak ay ya da mevsim, ana kaynaktan uzaklık, derinlik ve sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Tahmin edilen ve hesaplanan değerler arasındaki kolerasyon katsayıları Keban ve Doğancı barajlarında yüksek ( $R=0.98$ ), Kuzgun barajında ise nispeten düşük ( $R=0.92$ ) çıkmıştır.

Holmberg vd. (2006), Kelopuro, Hietapuro ve Valkea-Kotinen Akarsularında (Finlandiya), günlük hava sıcaklığı, yağış ve yüzeysel akış istasyonlarının özelliklerini kullanarak, günlük TOC, TN ve TP konsantrasyonlarını tahmin etmişlerdir. Modelleme için YSA'yı kullanmışlar ve eğitilen YSA modeli ile iklim değişikliğinin tahmin edilen verilere olan etkisini incelemişlerdir.

Sengorur vd. (2006), Melen Nehri'ndeki (Düzce, Türkiye) 11 istasyonda Ağustos 2000 ile Eylül 2001 arasında aylık olarak belirlenen  $\text{NO}_2^-$ -N,  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{BOI}$ , Q ve t verilerini kullanarak ÇO tahmini gerçekleştirmişlerdir. ÇO tahmininde kullanılan YSA yaklaşımının makul sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır.

Karaçor vd. (2007), Değirmendere Akarsuyu'nda (Trabzon, Türkiye) on istasyonda 1996-2004 yıllarını kapsayan süreçte günlük ölçülen sıcaklık verilerini ve üç katmanlı ileri beslemeli YSA modeli kullanarak sonraki beş günde oluşabilecek en büyük sıcaklık değerini tahmin etmişlerdir. Modellerinde girdi verisi olarak ölçüm zamanı, önceki sekiz günün en düşük ve en yüksek sıcaklıkları, bir gün önceki ve sekiz gün önceki sıcaklıklar kullanılmıştır. Sonuç olarak kurdukları model ile  $1\text{ }^\circ\text{C}$ 'nin altında bir ortalama tahmin hatasına ulaşmayı başarmışlardır.

Sivri vd. (2007), Fırtına Deresi'nde (Rize, Türkiye) 2001-2002'yi kapsayan süreçte günlük ölçülen sıcaklık verilerini YSA kullanarak tahmin etmiştir. Giriş verileri olarak günlük pH,  $t_{\text{su}}$ , ÇO ile aylık ortalama yağış ve  $t_{\text{hava}}$  kullanılmıştır. Hesaplanan ve gözlenen değerler arasındaki en büyük kolerasyon katsayısını 0.89 olarak belirlemişlerdir.

Aslan (2008), Eymir Gölü'nde (Ankara, Türkiye) ölçülen ÇO verilerini YSA ve Adaptif Sinirsel Bulanık İlişkisel Sistem (ASBİS) yöntemlerini kullanarak modellemiştir. Giriş verileri olarak TP,  $\text{PO}_4^{3-}$ , pH, klorofil-a,  $t_{\text{su}}$ , alkalinite,  $\text{NO}_3^-$ , TKN, rüzgar, yağış ve  $t_{\text{hava}}$  kullanılmıştır. ÇO tahmininde YSA modellemesi başarıya ulaşırken, ASBİS modelleme çalışmasında aynı başarımın gözlenmediği sonucuna varılmıştır.

Elhatip ve Kömür (2008), Mamasın Barajı'nda (Aksaray, Türkiye) sekiz istasyonda 2002'nin üç farklı döneminde (Ağustos, Ekim ve Aralık) ölçülen Eİ ve ÇO verilerini YSA

kullanarak tahmin etmişlerdir. Giriş verileri olarak AKM, t, TN ve yağış değerleri kullanılmıştır.

Dogan vd. (2009), Büyük Melen Nehri'nde (Düzce, Türkiye) 2001-2002'yi kapsayan süreçte aylık olarak ölçülen BOİ verilerini YSA kullanarak tahmin etmiştir. Giriş verileri olarak aylık KOİ, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, klorofil-a, ÇO, t ve Q değerleri kullanılmıştır. Ölçülen ve hesaplanan BOİ değerleri arasındaki R<sup>2</sup> değeri 0.8754 olarak hesaplanmış ve modelin makul sonuçlar verdiğini ortaya konulmuştur.

Singh vd. (2009), Gomti Nehri'nde (Hindistan) on yılı aşkın bir süreçte aylık olarak ölçülen ÇO ve BOİ seviyelerini YSA kullanarak modellemiştir. Giriş değişkenleri olarak pH, TS, toplam alkalinite, TH, KOİ, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, Cl<sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, K<sup>+</sup> ve Na<sup>+</sup> parametreleri kullanılmıştır. Modelde çıktı verisi olarak ÇO ve BOİ değerleri kullanılmış ve iki parametrenin tahmini tek bir ağ kullanılarak yapılmıştır.

Rankovic vd. (2010), Gruza Rezervuarı'nda (Sırbistan) 2000-2003'ü kapsayan üç yıllık süreçte aylık olarak belirlenen ÇO verilerini YSA kullanarak modellemiştir. Modelde giriş verileri olarak pH, t, Eİ, Cl<sup>-</sup>, TP, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>3</sub>, toplam Fe ve Mn<sup>2+</sup> olmak üzere on farklı değişken kullanılmıştır. 15 gizli katman sayısına sahip ileri beslemeli sinir ağı mimarisinin en iyi tahminleri yaptığı belirlenmiştir. YSA'nın test setinde kullanılan veriler için kolerasyon katsayısı 0.8478 olarak tespit edilmiştir.

Chen vd. (2010), geri beslemeli YSA kullanarak Changle Nehri'nde (Çin) TN, TP ve ÇO verilerini eş zamanlı olarak modellemiştir. Model girdisi olarak aylık akım, t<sub>su</sub>, akış seyahat süresi, yağış ve membadaki TN, TP ve ÇO verilerini kullanmışlardır. YSA modelinin nehrin herhangi bir yerinde veya herhangi bir ayda ihtiyaç duyulan TN, TP ve ÇO değerlerini tahmin etmede etkin bir araç olduğunu ortaya koymuşlardır.

#### **1.6.5.2. Askıda Katı Madde ve Tahminine Yönelik Çalışmalar**

Pavanelli ve Pagliarani (2002), yaptıkları çalışmada Appennine Havzası (İtalya) için AKM miktarını doğrusal regresyon yöntemi kullanarak elde etmeye çalışmışlardır. AKM konsantrasyonunu bulanıklık ve akım değerleri ayrı ayrı kullanarak tahmin etmişlerdir. AKM konsantrasyonu ile akım arasında istatistiksel olarak önemli derecede bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir.

Cigizoglu (2004), Schuykill Nehri'nde (Amerika) AKM miktarını belirlemiştir. Toplamda 29 yıllık veri kullanarak çok katmanlı YSA ile AKM miktarını tahmin etmiştir.

AKM miktarını, tahmin yapılan istasyondan önceki ve sonraki istasyondaki AKM ve akım değerlerini kullanarak modellemiştir. Çok katmanlı YSA'nın nehirlerdeki AKM miktarının belirlenmesinde kullanılabileceği sonucuna varmıştır.

Pavanelli ve Bigi (2005), Reno Nehri'nin (İtalya) üç farklı kolunda (Sillaro, Lavino ve Savena Torrent) AKM konsantrasyonunu, serbest çökebilir katı madde ve bulanıklık değerlerini kullanarak belirlemiştir. Analizlerinde, doğrusal regresyon modeli uygulamışlar ve üç senelik kayıtları dikkate almışlardır. 24. saatten sonra yapılan çökebilir madde ölçümlerinin AKM tahmininde daha iyi sonuçlar verdiğini belirlemiştir.

Cigizoglu ve Kisi (2006), Amerika'da bulunan Manayunk İstasyonu'ndaki günlük ortalama akım ve AKM yükü değerlerini kullanarak dört farklı model oluşturmuşlar ve günlük toplam AKM yükünü tahmin etmişlerdir. Bu modeller için geleneksel ve dönem-bağımlı (range-dependent) YSA kullanmışlardır. YSA analizinde eğitim takımı için 8760, deneme takımı için 1825 olmak üzere toplamda 10585 günlük veri kullanmışlardır. Dönem bağımlı YSA'dan elde edilen sonuçların geleneksel YSA'dan elde edilen sonuçlardan daha iyi olduğunu ve tüm değerler (yüksek veya düşük değerler) için gerçeğe yakın sonuçlar verdiğini belirlemiştir.

Dogan vd. (2007), AKM konsantrasyonunu belirlemek için farklı eğim, debi ve katı madde çapları için deneysel bir çalışma gerçekleştirmişler ve deney sonuçlarını kullanarak bir YSA modeli oluşturmuşlardır. Model sonuçlarını toplam AKM taşınım eşitlikleri ile karşılaştırmışlardır. YSA modelinin taşınım eşitliklerine göre daha iyi sonuçlar verdiğini belirlemiştir.

Alp ve Cigizoglu (2007), iki farklı YSA ve regresyon analizi modellerini kullanarak AKM yükünü belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma alanı olarak Amerika'daki Juniata Havzası'nı seçmişlerdir. Modellerinde bağımsız değişken olarak, aynı ve geçmiş zamanlı (t, t-1, t-2 vb.) yağış, AKM yükü ve debi değerlerini dikkate almıştır. Çalışma kapsamında 13 farklı model oluşturulmuş ve 2350 günlük veri değerleri dikkate alınmıştır. YSA modellerinin birbirine yakın sonuçlar vermesine karşın, regresyon analizlerinden elde edilen sonuçların daha iyi olduğunu ortaya koymuşlardır.

Minarecioğlu (2008), çalışmasında aylık katı madde miktarının tahmini için çok katmanlı, radyal tabanlı ve genelleştirilmiş regresyon YSA ve ASBİS olmak üzere dört farklı yapay zeka tekniği kullanmıştır. Uygulamalarda Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından işletilen Dicle Nehri'nde bulunan Diyarbakır ve Cizre İstasyonları ile Fırat Nehri'nde bulunan Kemahboğazi İstasyonuna ait aylık akış ve AKM verileri kullanılmıştır.

Radyal tabanlı YSA'nın genel olarak diğer yapay zeka yöntemlerine göre daha iyi tahminler verdiğini belirlemiştir.

Ulke vd. (2009), yağış ve debi değerlerini kullanarak günlük toplam AKM miktarını belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmalarında Gediz Nehri (Kütahya, Türkiye) üzerinde bulunan Acısu İstasyonu'ndan elde edilen 350 günlük verileri kullanmışlardır. Regresyon, çoklu lineer olmayan polinom, YSA, ASBİS ve sediment anahtar eğrisi olmak üzere beş farklı yöntem kullanmışlardır. Önerilen yöntemler içinden en iyi sonucu YSA yönteminin verdiğini tespit etmişlerdir.

Cobaner vd. (2009), yaptıkları çalışmada Mad Havzası'nda (Amerika) günlük AKM konsantrasyonunu tahmin etmişlerdir. Tahmin için iki farklı sediment anahtar eğrisi ve dört farklı yapay zeka yöntemi kullanmışlardır. Yağış, debi ve AKM konsantrasyonu değerlerini kullanarak sekiz farklı model oluşturmuşlardır. Yapay zeka tekniklerinden olan sinirsel bulanık sistem yönteminin diğer yöntemlerden daha iyi sonuç verdiğini ifade etmişlerdir.

Kisi vd. (2009), Kızılırmak Havzası'nda bulunan Kuylus ve Salur Köprüsü İstasyonları'ndaki aylık ortalama akım değerlerini kullanarak aylık toplam AKM miktarını YSA, sinirsel bulanık sistem ve sediment anahtar eğrisi yöntemlerini kullanarak tahmin etmişlerdir. Sinirsel bulanık sistem yönteminin diğer yöntemlere göre daha iyi tahminler verdiğini belirtmişlerdir.

Kisi ve Guven (2010), AKM konsantrasyonunu Doğrusal Genetik Programlama (DGP) tekniğini kullanarak tahmin etmişlerdir. Bu modeli anahtar eğrisi, ASBİS ve YSA modelleri ile karşılaştırmışlardır. Modelde Amerika'da bulunan iki istasyondaki günlük akım ve AKM konsantrasyon verilerini kullanmışlardır. Sonuç olarak DGP tekniğinin 0.952'lik  $R^2$  değeri ile diğer modellere göre daha iyi sonuçlar verdiğini belirlenmiştir.

Kisi (2010), yaptığı çalışmada Sinirsel Diferansiyel Evrim (SDE) yöntemini kullanarak AKM konsantrasyonunu tahmin etmiştir. Bu modelin doğruluğunu anahtar eğrisi, ASBİS ve YSA ve modelleri ile karşılaştırarak araştırmıştır. Amerika'da bulunan iki istasyondaki günlük akım ve geçmiş AKM konsantrasyon verilerini model girdisi olarak kullanmıştır. SDE tekniğinin diğer yöntemlerden daha iyi tahminler yaptığını belirlemiştir.

Mount ve Abrahart (2011), sırasıyla 15 ve 16 yıllık veri kaydına sahip Portoriko'da bulunan iki havzada, debi değerlerini kullanarak AKM konsantrasyonunu ve yükünü tahmin etmiştir. Tahmin için YSA modeli kullanılmıştır. YSA ile bundan sonra yapılacak AKM tahminlerinde hangi değişkenin kullanılmasının daha uygun olacağını

belirlemişlerdir. YSA analizinde kullanılacak verilerin hangi özelliklere sahip olması gerektiği konusu üzerinde detaylı değerlendirmeler yapmışlardır.

Bayram vd. (2011d), Harşit Çayı Havzası'nda (Gümüşhane, Türkiye) YSA ve RA tekniklerini kullanarak bulanıklığa dayalı AKM konsantrasyonu tahmini yapmışlardır. Modellerde altı istasyonda on beş gün aralıklarla bir yıl boyunca gerçekleştirilen yerinde bulanıklık ölçümlerinden elde edilen veriler kullanılmıştır. YSA modelinin RA modeline göre daha iyi ve kabul edilebilir sonuçlar verdiği sonucuna ulaşılmıştır.

### **1.7. Çalışmanın Gerçekleştirildiği Harşit Çayı Havzası**

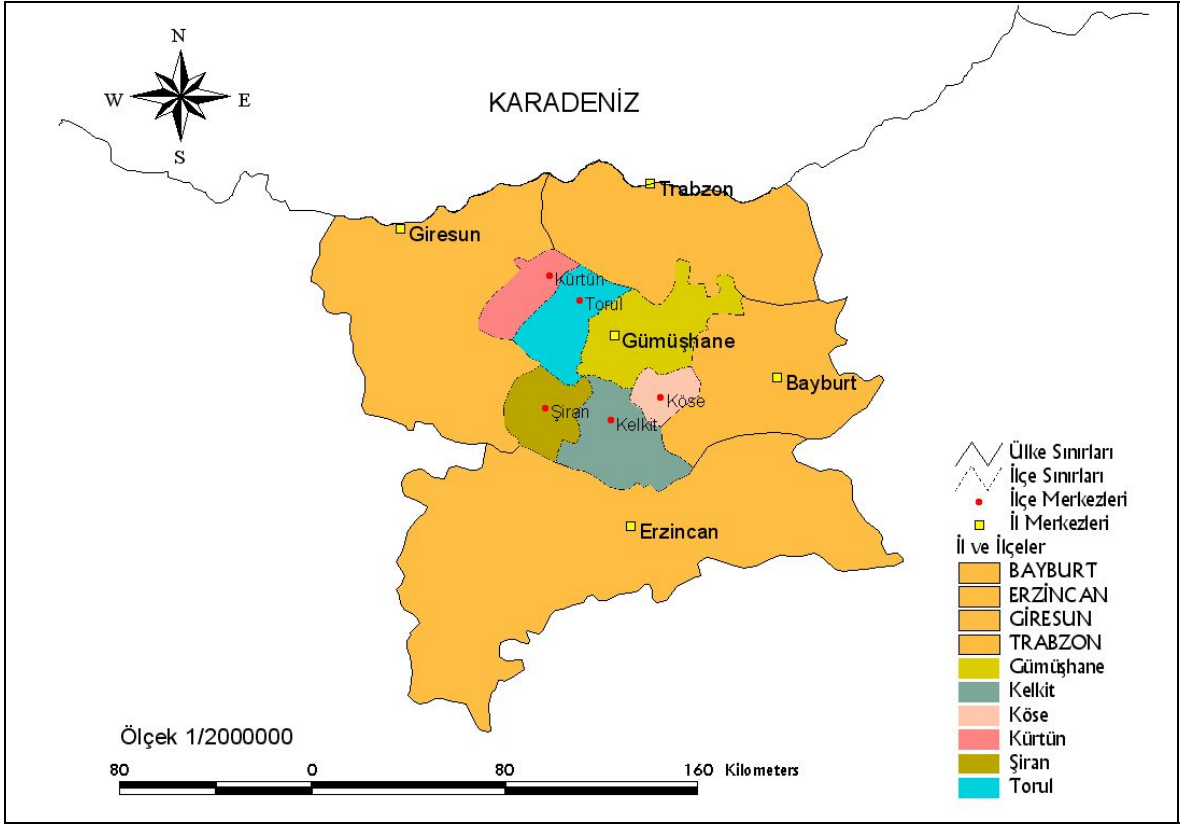
Yerinde ölçüm ve örnekleme yapıldığı toplamda on gözlem istasyonunun sekizi Gümüşhane İli sınırları içinde, diğer ikisi ise Giresun İli sınırları içerisinde kalmaktadır. Gözlem istasyonlarının büyük çoğunluğu Gümüşhane İli sınırları içerisinde kaldığından, ilerleyen bölümlerde özellikle Gümüşhane İli'nin coğrafi konumu, yer şekilleri, iklimi, bitki örtüsü ve su kaynakları üzerinde durulacaktır.

#### **1.7.1. Coğrafi Konum**

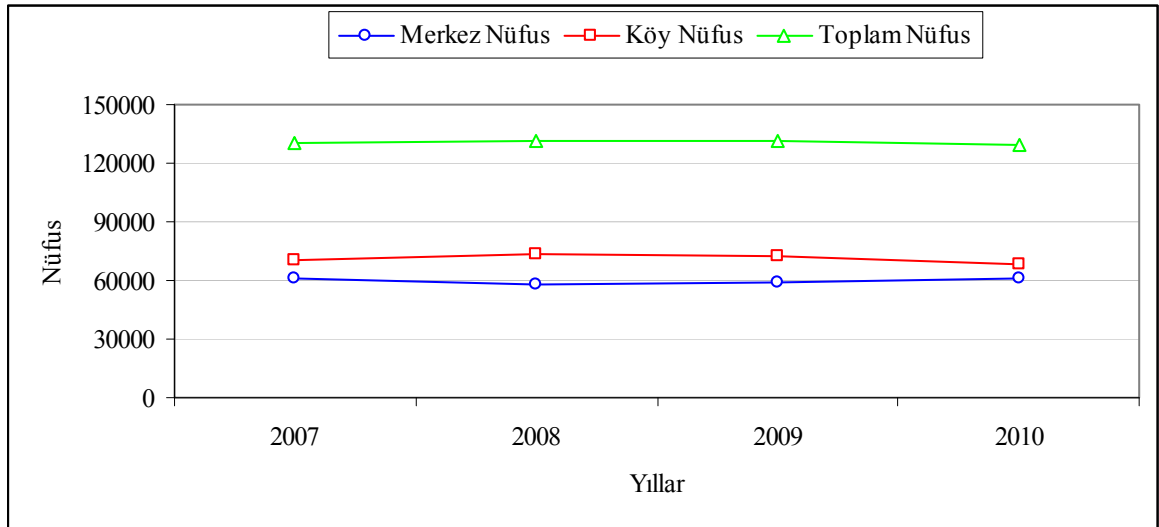
Gümüşhane, Karadeniz Bölgesi'nin Doğu Karadeniz bölümü sınırları içerisinde yer almaktadır. Gümüşhane 38° 45' - 40° 12' doğu boylamları ile 39° 45' - 40° 12' kuzey enlemleri arasında olup, doğusunda Bayburt, batısında Giresun, kuzeyinde Trabzon, güneyinde Erzincan illeri bulunmaktadır (Şekil 2).

Doğu Karadeniz ile Doğu Anadolu Bölgeleri'ni birbirine bağlayan karayolu üzerinde doğrusal bir durumda bulunan Gümüşhane ili Merkez ilçe, Torul, Kürtün, Kelkit, Şiran ve Köse olmak üzere altı ilçeden oluşmaktadır. Toplam alanı 6575 km<sup>2</sup>, deniz seviyesinden yüksekliği ortalama 1400 m'dir (Gümüşhane Valiliği, 1999).

Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) Veri Tabanı 2010 verilerine göre Gümüşhane toplam nüfusu 129618'dir (TÜİK, 2011c). Bu nüfusun % 47.2'si şehir merkezlerinde, % 52.8'i ise köylerde yaşamaktadır. Son üç yılın (2008-2010) nüfus değerleri göz önüne alındığında il ve ilçe merkezleri nüfusunda bir miktar artma buna karşın belde ve köyler nüfusunda bir miktar azalma ve nihayetinde toplam nüfusta bir azalma söz konusudur (Şekil 3).



Şekil 2. Gümüşhane İli, İlçeleri ve komşu İller (Bayram, 2004)

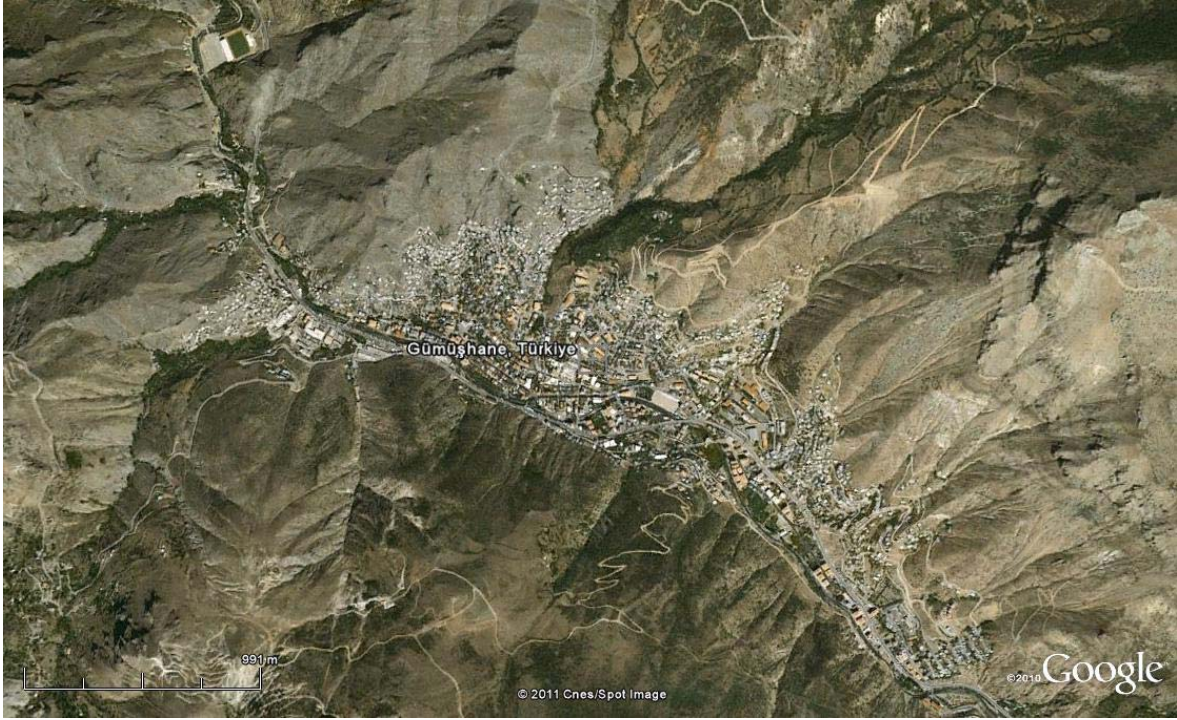


Şekil 3. Gümüşhane merkez ve köy nüfuslarının yıllara göre değişimi (TÜİK 2011 c,d,e,f)



### 1.7.2. Yer Şekilleri

Gümüşhane ili yeryüzü şekilleri bakımından ele alındığında; ilin tamamen dağlarla kuşatılmış olduğu görülmektedir (Şekil 4). Gümüşhane, fiziki coğrafya özellikleri bakımından sınıflandırılacak olursa, kuzeyden Zigana-Trabzon Dağları (Çakırgöl Tepesi 3063 m), güneyden Çimen Dağları (Akdağ 2710 m), batıdan Giresun Dağları (Sarıyer Tepeleri 2919 m) ile Kelkit ve Harşit Çayı vadilerinin daralma bölgeleri, doğudan ise Pulur Dağları ve Soğanlı Dağları ile bu iki dağlık kütlelerin birbirine yaklaştığı kesimdeki eşiklerle çevrili olduğu gözlenir (Gümüşhane Valiliği, 1999).



Şekil 4. Gümüşhane İli merkez yerleşim birimlerinin uydu görüntüsü (Google Earth, 2011)

Gümüşhane ve çevresinin yeryüzü şekilleri üç ana bölüm halinde incelenebilir. Bunlar; ovalar, vadiler ve dağlık alanlardır. Ancak Gümüşhane ve çevresinin jeomorfoloji haritası incelendiğinde dengenin dağlardan yana fazlaca bozulmuş olduğu dikkati çeker. Bu durum oransal olarak ifade edilecek olursa, dağların % 59.6, platoların % 29.4 ve ovaların % 11'e karşılık geldiği görülmektedir (Gümüşhane Valiliği, 1999).

### 1.7.3. İklimin Genel Özelliği

Gümüşhane ili her yönüyle olduğu gibi iklim özellikleri bakımından da Doğu Anadolu ile Doğu Karadeniz bölümü arasında bir geçiş teşkil etmektedir. İl genelinde hem karasal, hem de Karadeniz ikliminin genel özellikleri görülmesine rağmen birbirine yakın kesimlerde bile, iklimde büyük farklılaşmalara rastlanır. Bu da jeomorfolojik özelliklerden kaynaklanmaktadır. Genel olarak Gümüşhane’de iklim yazları oldukça kurak, kış ve bahar ayları ise yağışlı geçen bir karaktere sahiptir. Deniz seviyesinden yükseldikçe ve Doğu Anadolu Bölgesi’ne sınır teşkil eden yörelere ve Bayburt il sınırına yaklaştıkça karasal iklimin kendisini bariz şekilde hissettirdiği gözlenirken, aynı durum ilin iç kesimlerinde de görülmektedir. Merkez ilçeden batı ve kuzeybatıya doğru gidildikçe Harşit Vadisi boyunca iklim elemanlarında bir geçiş özelliği gözlenir (Gümüşhane Valiliği, 1999).

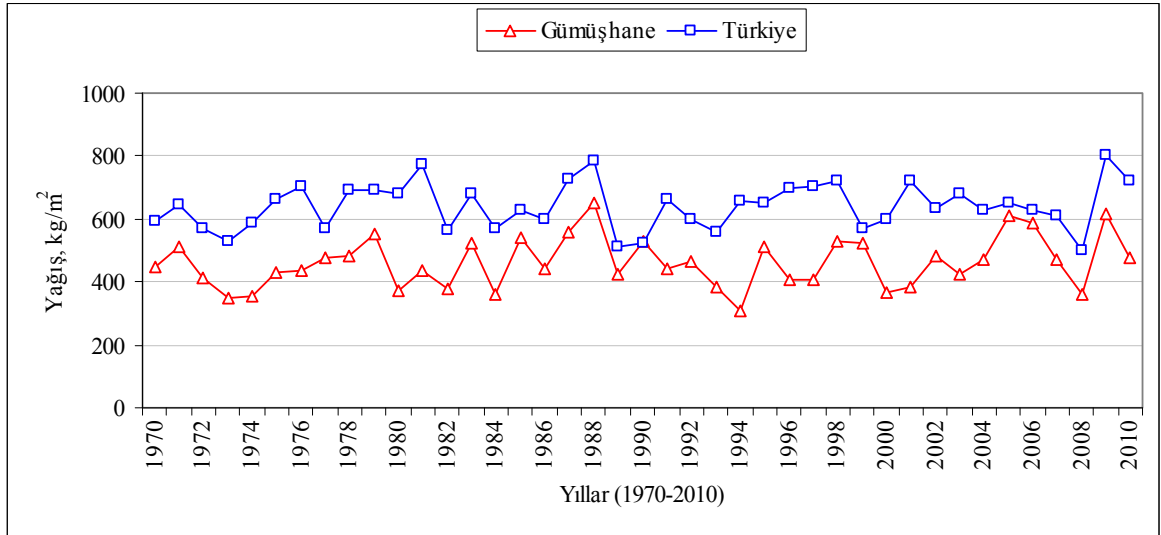
#### 1.7.3.1. Sıcaklık Durumu

Gümüşhane’nin makro ölçekte ölçüm yapan tek istasyonu, merkez ilçedeki (1219 m) Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü rasat istasyonu olup (48° 28' K - 39° 28' D), 1982 yılı Temmuz ayından itibaren Büyük Klima ve Sinoptik rasatları yapmaktadır. Uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama değerler (1975 - 2010) incelendiğinde; Gümüşhane’nin yıllık ortalama sıcaklığı 9.5 °C, en sıcak aylar olan temmuz ve ağustos aylarının sırasıyla 20.2 °C ve 20.1 °C, en soğuk ay olan ocak ayının ise -2.0 °C olduğu gözlemlenir. Uzun yıllar içinde gerçekleşen en yüksek ve en düşük değerler (1975 - 2010) dikkate alındığında; en yüksek sıcaklığın 41 °C ile 30.07.2000 tarihinde, en düşük sıcaklığın ise -25.7 °C ile 22.02.1985 tarihinde gerçekleştiği görülür (DMİ, 2011b).

#### 1.7.3.2. Yağış Durumu

Gümüşhane karasal iklim ile Karadeniz iklimi arasında bir geçiş özelliği gösterdiğinden yağış rejimi de bu duruma uygunluk göstermektedir. Uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama değerler (1975 - 2010) incelendiğinde; Gümüşhane’nin yıllık toplam yağış miktarı ortalama 464.1 kg/m<sup>2</sup> olup, yıl içerisinde dağılımı oldukça düzenlidir. Ancak bu durum, il geneli için söylenebilir. Mikro ölçekte düzensizlikler görülebilmektedir. En fazla yağışlar ilkbahar ve sonbahar aylarında görülmektedir. Yağışlar genellikle kar ve

yağmur yağışı şeklindedir. Mayıs ayı  $67.6 \text{ kg/m}^2$ 'lik yağış ile en yağışlı ay olarak görülürken Temmuz ayı  $12.5 \text{ kg/m}^2$ 'lik yağış ile en kurak ay olarak izlenmektedir. En çok yağışın  $51.7 \text{ kg/m}^2$  ile 20.06.1990 tarihinde, en yüksek karın 80 cm ile 21.01.1976 tarihinde gerçekleştiği belirlenmiştir. Gümüşhane İli'nin yıllık toplam yağış dağılımı, ülkemiz ile karşılaştırmalı olarak Şekil 5'te verilmektedir (DMİ, 2011a, b).



Şekil 5. Gümüşhane ve Türkiye'nin yıllık toplam yağış dağılımlarının karşılaştırılması

#### 1.7.4. Bitki Örtüsü

Akarsu kenarlarında söğüt ve çeşitli kavak toplulukları yer almaktadır. Vadi tabanlarından ve düzlük alanlarından dağlık kesimlere doğru, kültür arazisi dışında kalan yamaçlarda genel olarak step formasyonu hakimdir. Yöredeki step, yaşama devresi çok kısa olan genelde parlak renkli çiçekli otsu formasyonlardan oluşur. Bu formasyon içerisinde geven (*Astragalus*) ve sığır kuyruğu (*verbascum*) öbeklerine rastlanır. Çimen Dağları'nda yükseltinin 1500 m'yi aştığı kesimlerde Kızılcım (*Pinus Brutia*), Ardıç (*Jüniperus Communis*), ve Meşe (*Qercus*) türlerinin hakim olduğu orman kümeleri bulunur. 2000 m'den sonra Gökmar (*Abies Nordmanniana*) hakimdir. Gökmar Gümüşhane dağlarının güneye bakan yamaçlarında 1800 m'ye kadar iner. Gökmarın arasında Karaçam (*Pinus Nigro*) ve Sarıçam (*Pinus Slyvestris*) türleri de yer yer yoğunluk kazanır. 1800 m'den daha aşağıda Sarıçam ve Karaağaç (*Ulmus*) ormanın belirgin türleridir. Harşit vadisinde tabana doğru kültüre alınmıştır. Çeşitli meyve ağaçları (vişne, elma, armut, erik,

kiraz, ceviz vs.) vardır. Zigana Dağları'nın güney yamaçlarında orman örtüsü nispeten gürleşir. Zaten orman örtüsünün en yoğun olarak bulunduğu yöreler Zigana Dağları civarı ile Karanlık Dere, Tersun Dağı civarları ve Boyluca-Karamustafa köyleri hattıdır. Bu alanlarda 1500 m'ye kadar Kayın (Fagus), Gürgen (Carpinus Betulus), Karaağaç, Kızılağaç (Alnus Glutinosa), Akçaağaç (Acer Trautvetteri), Meşe, Kavak türlerinden oluşan karışık orman görülmektedir. 1900 m'den 2300 m'ye kadar Ladin (Picea) ve Sarıçam ormanları hakimdir. 2300 m'den sonra orman bodurlaşmaya başlamakta ve yerini yüksek dağ çayırlarına bırakmaktadır. İlkbahar ve yaz mevsimlerinde, hatta sonbaharda muhtelif renkli çiçekler açan bu otlara (çayırlara) Alp Çiçekleri de denilmektedir (Gümüşhane Valiliği, 1999).

İl genelinde orman alanlarının toplam yüzölçümü 166831.5 Ha olup (normal orman: 59260.5 Ha, bozuk orman: 107571 Ha, ormansız: 422200 Ha), genellikle merkez ilçe Torul ve Kürtün İlçeleri sınırları içerisinde yer almaktadır (Gümüşhane Valiliği, 1999; OGM, 2011).

#### **1.7.5. Akarsular ve Göller**

Gümüşhane ilinin akarsu şebekesini; Kelkit Çayı ve Harşit Çayı ile bunların yan kolları oluşturmaktadır. İl topraklarının güney kesimindeki akarsular Orta Karadeniz Bölümünde, Karadeniz'e dökülmektedir. Tüm akarsular kaynaklarını il sınırları içerisinde alırlar. Çimen, Zigana ve Gümüşhane Dağları'nın zirveleri aynı zamanda su bölümü çizgilerine tekabül etmektedir (Gümüşhane Valiliği, 1999).

Harşit Çayı, Vauk Dağı'nın kuzey eteklerinden ve Sifon Deresi ismiyle kaynağını almaktadır. İl merkezini doğu - batı doğrultusunda aşan Harşit Çayı dar ve derin boğazları aşarak Torul ve Kürtün ilçelerinden geçmek suretiyle Tirebolu'dan Karadeniz'e dökülür. Karadeniz'e dökülünceye kadar il sınırları içerisinde 142 km mesafe kat eder (Gümüşhane Valiliği, 1999).

Kelkit Çayı, bir kolu Teslimdağı'ndan diğer kolları da Spikor ve Çimen Dağları'ndan doğarak Kelkit'te birleşmektedir. Amasya yakınlarına kadar aynı adla bilinen ve geçtiği vadiye de Kelkit Vadisi adını veren Kelkit Çayı yörede tarım ve bitki örtüsünün hayat kaynağıdır. İl sınırları içinde 45 km'lik bir mesafe kat eden Kelkit Çayı Yeşilirmak'ın önemli bir kolunu oluşturur. Samsun'un Çarşamba ilçesinden Yeşilirmak olarak Karadeniz'e dökülür (Gümüşhane Valiliği, 1999).

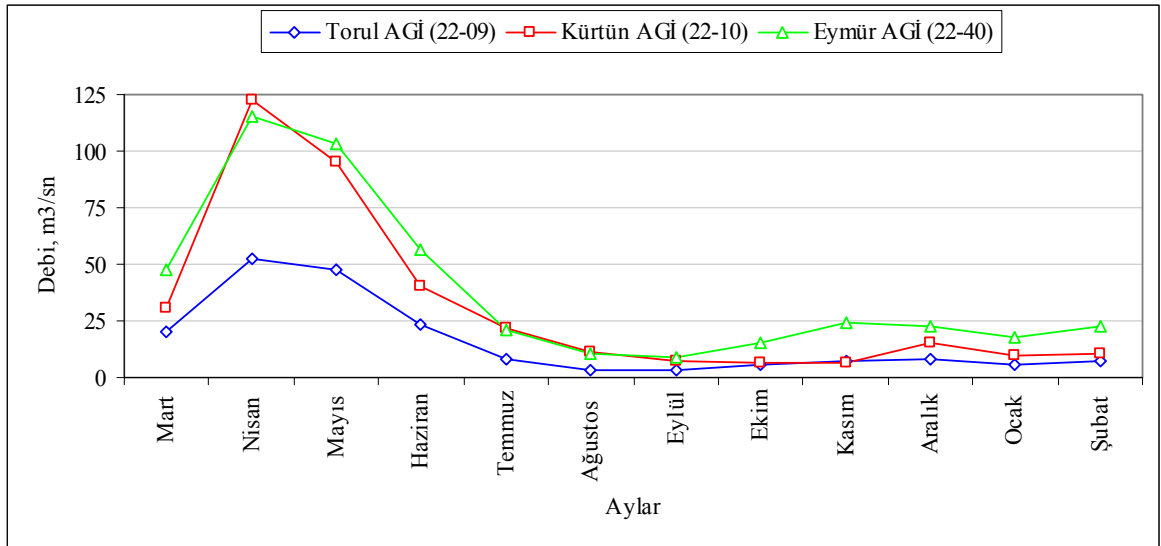
Bu iki önemli akarsu dışında yazları yer yer kuruyan birçok küçük dereler de mevcuttur (Gümüşhane Valiliği, 1999).

Gümüşhane il sınırları içerisinde önemli bir göl yoktur. Ancak Zigana, Balaban ve Gavur Dağları üzerinde küçük buzul gölleri bulunmaktadır. Bunların başlıcaları; Balaban Dağları üzerinde Balıklıgöl, Aygır ve Yıldız Gölleri; Zigana üzerinde yer alan Çakırgöl ve Gavur Dağları üzerinde Abdalmusa ve Aksu Sirkleri bulunmaktadır (Özey, 1990; Gümüşhane Valiliği, 1999).

### 1.8. Harşit Çayı Havzasında Yürütülen Akım Gözlem Çalışmaları

Devlet Su İşleri (DSİ) ve EİE tarafından Harşit Çayı Havzası'nda öteden beri akım gözlem çalışmaları başta olmak üzere, AKM ve su kalitesine yönelik çalışmalar yürütülmektedir. DSİ tarafından havzada işletilmiş ve işletilmekte olan akım gözlem istasyonları (AGİ) ile ilgili genel bilgiler Tablo 6'da verilmektedir (DSİ, 2011b).

DSİ tarafından Harşit Çayı ana kol üzerinde işletilen 22-09 (Torul), 22-10 (Kürtün) ve 22-40 (Eymür) No'lu AGİ'lerde uzun yıllara göre aylık ortalama debi dağılımları Şekil 6'da verilmektedir (DSİ, 2011b).



Şekil 6. Harşit Çayı ana kol üzerindeki AGİ'lerde aylık ortalama debi değişimleri

Tablo 6. Harşit Çayı Havzası'ndaki DSİ tarafından işletilmiş ve işletilmekte olan akım gözlem istasyonları

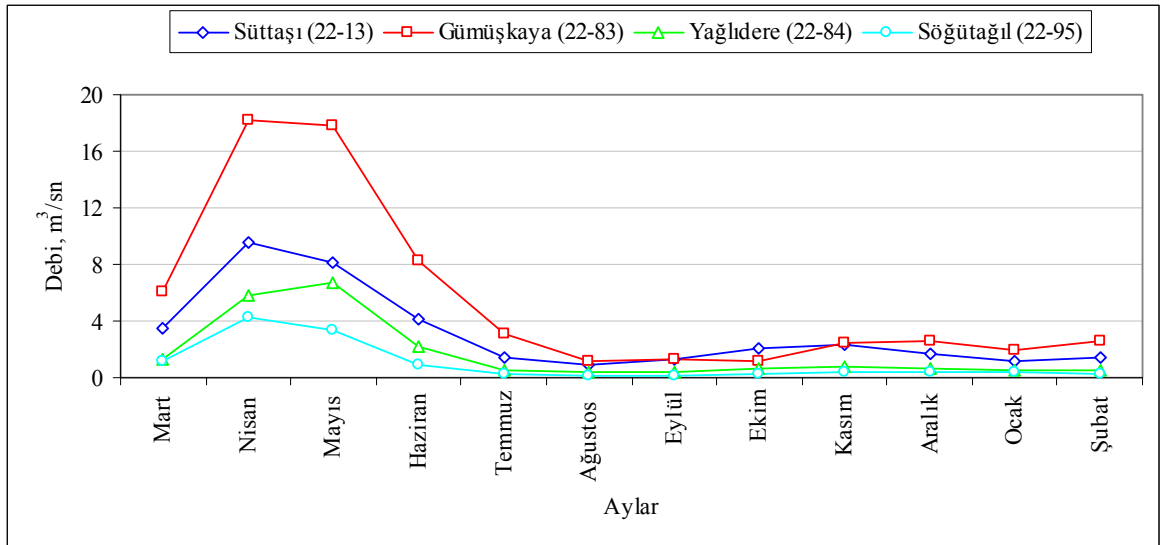
| İstasyon no | İstasyon adı | İşletme kotu (m) | Pafta | Akarsu        | Yağış alanı (km <sup>2</sup> ) | Açılış tarihi | Koordinatlar              |
|-------------|--------------|------------------|-------|---------------|--------------------------------|---------------|---------------------------|
| 22 - 119    | Gümüşhane    | 1070             | H 43  | Harşit Çayı   | 856.6                          | 01.10.2006    | 40°27'56" K - 39°27'53" D |
| 22 - 09     | Torul        | 925              | G 42  | Harşit Çayı   | 1900.4                         | 21.01.1966    | 39°17'52" K - 40°33'40" D |
| 22 - 10     | Kürtün       | 547              | G 42  | Harşit Çayı   | 2665.7                         | 01.10.1966    | 40°40'00" K - 39°08'30" D |
| 22 - 40     | Eymür        | 120              | G 41  | Harşit Çayı   | 3132.8                         | 01.10.1976    | 38°52'11" K - 40°51'03" D |
| 22 - 13     | Süttaş       | 188              | G 41  | Gavraz Deresi | 124.9                          | 08.12.1967    | 40°47'40" K - 39°54'30" D |
| 22 - 95     | Söğütağ      | 1500             | H 43  | Yayla Deresi  | 110.0                          | 10.01.1998    | 40°27'20" K - 39°45'00" D |
| 22 - 84     | Yağlıdere    | 1375             | G 43  | Korum Deresi  | 149.6                          | 11.01.1982    | 40°32'50" K - 39°30'00" D |
| 22 - 83     | Gümüşkaya    | 1150             | H 42  | Kodil Deresi  | 410.8                          | 10.01.1982    | 40°28'00" K - 39°22'20" D |

22-09 No'lu Torul AGİ'de en yüksek debi Nisan ayında  $52.17 \text{ m}^3/\text{sn}$ , en düşük debi ise Eylül ayında  $2.87 \text{ m}^3/\text{sn}$  olarak belirlenmiştir. Yıllık toplam debi  $190.83 \text{ m}^3/\text{sn}$  olup, bunun % 62.63'ü ilkbahar mevsiminde gerçekleşmiştir (DSİ, 2011b).

22-10 No'lu Kürtün AGİ'de en yüksek debi Nisan ayında  $122.4 \text{ m}^3/\text{sn}$ , en düşük debi ise Kasım ayında  $6.19 \text{ m}^3/\text{sn}$  olarak belirlenmiştir. Yıllık toplam debi  $377.45 \text{ m}^3/\text{sn}$  olup, bunun % 65.92'si ilkbahar mevsiminde gerçekleşmiştir (DSİ, 2011b).

22-40 No'lu Eymür AGİ'de en yüksek debi Nisan ayında  $115.41 \text{ m}^3/\text{sn}$ , en düşük debi ise Eylül ayında  $8.47 \text{ m}^3/\text{sn}$  olarak belirlenmiştir. Yıllık toplam debi  $463.62 \text{ m}^3/\text{sn}$  olup, bunun % 57.37'si ilkbahar mevsiminde gerçekleşmiştir (DSİ, 2011b).

DSİ tarafından Harşit Çayı yan kollar üzerinde işletilen 22-13 (Gavraz-Süttaşı), 22-83 (Kodil-Gümüşkaya), 22-84 (Korum-Yağlıdere) ve 22-95 No'lu (Yayla-Söğütağıl) AGİ'lerde uzun yıllara göre aylık ortalama debi dağılımları Şekil 7'de verilmektedir (DSİ, 2011b).



Şekil 7. Harşit Çayı yan kollar üzerindeki AGİ'lerde aylık ortalama debi değişimleri

22-13 No'lu Süttaşı AGİ'de en yüksek debi Nisan ayında  $9.49 \text{ m}^3/\text{sn}$ , en düşük debi ise Ağustos ayında  $0.94 \text{ m}^3/\text{sn}$  olarak belirlenmiştir. Yıllık toplam debi  $37.45 \text{ m}^3/\text{sn}$  olup, bunun % 56.53'ü ilkbahar mevsiminde gerçekleşmiştir (DSİ, 2011b).

22-83 No'lu Gümüşkaya AGİ'de en yüksek debi Nisan ayında  $18.17 \text{ m}^3/\text{sn}$ , en düşük debi ise Ekim ayında  $1.16 \text{ m}^3/\text{sn}$  olarak belirlenmiştir. Yıllık toplam debi  $66.51 \text{ m}^3/\text{sn}$  olup, bunun % 63.15'i ilkbahar mevsiminde gerçekleşmiştir (DSİ, 2011b).

22-84 No'lu Yağlıdere AGİ'de en yüksek debi Mayıs ayında  $6.68 \text{ m}^3/\text{sn}$ , en düşük debi ise Ağustos ayında  $0.35 \text{ m}^3/\text{sn}$  olarak belirlenmiştir. Yıllık toplam debi  $20.48 \text{ m}^3/\text{sn}$  olup, bunun % 67.14'ü ilkbahar mevsiminde gerçekleşmiştir (DSİ, 2011b).

22-95 No'lu Söğütağlı AGİ'de en yüksek debi Nisan ayında  $4.32 \text{ m}^3/\text{sn}$ , en düşük debi ise Ağustos ayında  $0.18 \text{ m}^3/\text{sn}$  olarak belirlenmiştir. Yıllık toplam debi  $12.03 \text{ m}^3/\text{sn}$  olup, bunun % 73.40'ı ilkbahar mevsiminde gerçekleşmiştir (DSİ, 2011b).

### 1.9. Çalışmanın Amacı

Bir akarsudan faydalanmak için yapılması gerekli olan ilk çalışma, o akarsu üzerinde gözlem ve ölçümlere başlamaktır. Bunun için ihtiyaç doğuncaya kadar beklemek bir hata olur. Çünkü bir akarsudan doğru ve verimli bir şekilde istifade edilebilmesi için gerekli su bilgilerinin sağlıklı olması, uzun süreli akım verilerin toplanmasına bağlı bulunduğuna göre, bunun önceden başlatılmış olması gerekmektedir. Aksi takdirde, ihtiyaç anından itibaren senelerce beklemek mecburiyeti doğar (EİE, 2011).

Son yıllarda hızlı nüfus artışına paralel olarak artan su talebine karşı, uygun kaynak varlığının azlığı ve gün geçtikçe gelişen sanayi ve tarımsal faaliyetlere bağlı olarak aşırı kullanım ve kirlilik oluşumu nedeniyle ortaya çıkan sorunlar, özellikle havza bazında su kaynakları yönetiminin önemini bir kat daha artırmıştır. SKKY'nin beşinci maddesinde "Havza Koruma Eylem Planları, DSİ Genel Müdürlüğü ve ilgili kuruluşların görüşleri alınarak Çevre ve Orman Bakanlığınca yapılır ve/veya yaptırılır" ifadesi yer almaktadır. Bu çerçevede T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından Havza Koruma Eylem Planları oluşturması çalışmaları başlatılmıştır (HKEP, 2011).

Havza Koruma Eylem Planları'nın hazırlanabilmesi için ilk önce bu havzalar arasında bir önceliklendirme yapılması zorunluluğu doğmuştur. Yapılan önceliklendirmede su kalitesi, insan kaynaklı baskılar ve kirletici kaynaklar, korunan alanlar ve içme suyu kaynakları göz önüne alınarak bir matris oluşturulmuş ve bu matris doğrultusunda ülkemiz coğrafyasındaki toplam 25 adet hidrolojik havza puanlandırılmıştır. Yapılan bu değerlendirme sonucunda acil önlem alınması gereken 11 havza çalışmanın ilk adımı olarak başlamıştır (HKEP, 2011).

Bu kapsamda belirlenen 11 havza için Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi, 2009 yılında Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezine verilmiş ve 2011 yılında başarıyla tamamlanmıştır.



Proje kapsamında çalışılan havzalar:

- Marmara Havzası,
- Susurluk Havzası,
- Kuzey Ege Havzası,
- Küçük Menderes Havzası,
- Büyük Menderes Havzası,
- Burdur Havzası,
- Konya Kapalı Havzası,
- Ceyhan Havzası,
- Seyhan Havzası,
- Kızılırmak Havzası,
- Yeşilirmak Havzası.

Literatür incelendiğinde, Harşit Çayı Havzası'nda yüzeysel su kalitesine yönelik gerçekleştirilmiş bir çalışmaya rastlanamamıştır. Buğdaycı (1992) tarafından yürütülen bir çalışmada, Doğankent (Giresun) sağlık eğitim araştırma bölgesindeki kuyu sularının fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik incelemesi yapılmıştır. Kocaman (1994) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, Harşit Çayı Havzası'nda yağış-akış karakteristikleri ile erozyon ve sediment sorunları araştırılmıştır. Tüzen (1995) tarafından yürütülen bir çalışmada, Gümüşhane İli'nin evsel atık sularının arıtılması için alternatif çözümler araştırılmış ve karşılaştırılmıştır. Gültekin (1998) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, Gümüşhane mineralli su kaynaklarının hidrokimyasal ve izotopik özellikleri üzerinde durulmuştur. Bayram (2000) tarafından yürütülen bir çalışmada, Harşit Çayı'nın epipelik ve epilitik alg florası üzerinde durulmuştur. Nas vd. (2005) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, Harşit Çayı'nda (Hacıemin) çözünmüş oksijen profilinin mevsimsel değişimi incelenmiştir.

Harşit Çayı Havzası'nda gerçekleştirilen bu çalışma ile birçok amaç hedeflenmiştir. Bunları maddeler halinde şu şekilde sıralayabiliriz:

- Harşit Çayı su kalitesini mabdan mansaba doğru ana kol boyunca seçilen on gözlem istasyonunda, on beş gün aralıklarla bir yıl boyunca yirmi adet fiziko - kimyasal değişken ile belirlemek ve bu kalitenin mevsimsel değişimini incelemek,

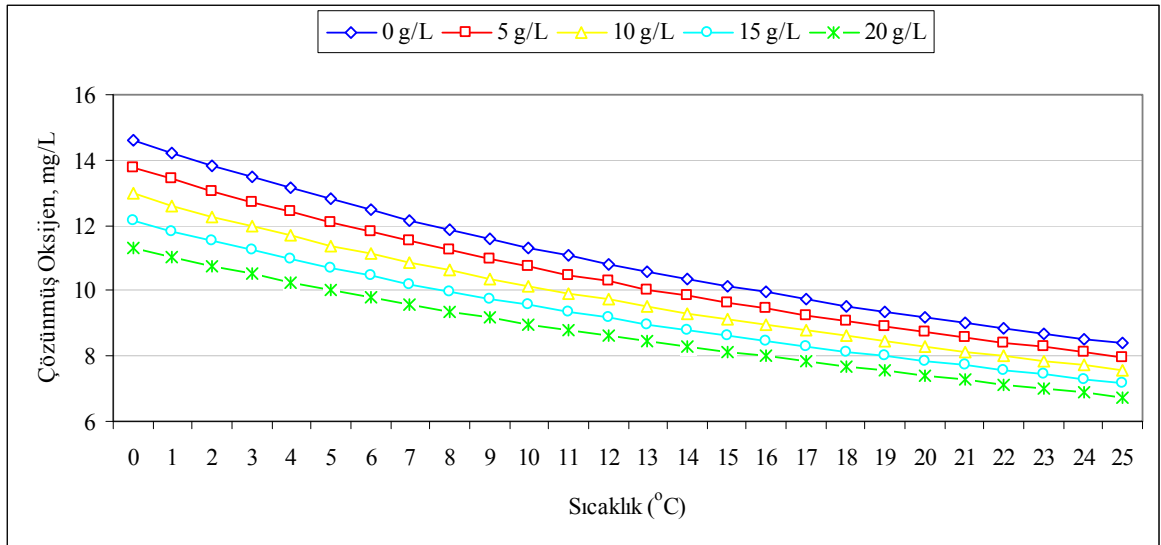
- Yerleşim birimlerinden gelen atıksu deşarjlarının bu kaliteye olan etkisini araştırmak,
- Akarsuyun kendi kendini temizleme kapasitesini araştırmak,
- Harşit Çayı üzerinde inşa edilmiş ve halen işletilmekte olan Torul ve Kürtün barajlarının AKM hareketine ve su kalitesine olan etkilerini araştırmak,
- Özellikle, Harşit Çayı'nın Karadeniz ile buluştuğu kesime yakın bölgede, faaliyet halindeki kum-çakıl ocağı işletmelerinin su kalitesine olan etkilerini incelemek,
- Elde edilen su kalitesi verilerini SKKY (2004) Tablo 1, "Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına göre kalite kriterleri" esas alınarak Harşit Çayı yüzeysel su kalitesini sınıflandırmak, İTASHY (2005) ve TS 266 (2005) gibi ulusal, Avrupa Birliği Direktifi (EC, 1998), Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2004) ve Birleşik Devletler Çevre Koruma Teşkilatı (US EPA, 2009) gibi uluslar arası direktif, standart ve yönetmeliklere göre değerlendirerek içme suyu olarak kullanılabilirliğini belirlemek,
- YSA yöntemini kullanarak Harşit Çayı'nda, Torul Barajı membaında bulunan altı istasyondan elde edilen bulanıklık (NTU), toplam demir (mg/L) ve toplam krom (mg/L) konsantrasyonlarına dayalı AKM konsantrasyonu tahminini ortaya koymak amacıyla bir modelin geliştirilip geliştirilemeyeceğini araştırmak.

### 1.10. Çalışma Kapsamında İncelenen Su Kalite Parametreleri

Çalışma kapsamında, fiziksel ve inorganik - kimyasal parametrelerden; çözülmüş oksijen (ÇO), sıcaklık (t), pH, elektriksel iletkenlik (Eİ), bulanıklık (T), askıda katı madde (AKM), toplam sertlik (TH), amonyum azotu ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ), nitrit azotu ( $\text{NO}_2^-\text{-N}$ ), nitrat azotu ( $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ) ve ortofosfat fosforu ( $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ ), organik parametrelerden; kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam organik karbon (TOC), toplam Kjeldahl azotu (TKN) ve metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeler (MBAS), inorganik kirlenme parametrelerinden de alüminyum ( $\text{Al}^{3+}$ ), mangan ( $\text{Mn}^{2+}$ ), toplam demir (filtre edilmemiş suda) ve toplam krom (filtre edilmemiş suda) olmak üzere toplamda yirmi parametre incelenmiştir. TKN ayrıca analiz edilmeyip, toplam azot (TN) analizleri sonucunda " $\text{TN} - (\text{NO}_2^-\text{-N} + \text{NO}_3^-\text{-N}) = \text{TKN}$ " şeklinde hesap edilerek belirlenmiştir. TOC da ayrıca analiz edilmeyip, toplam karbon (TC) ve toplam inorganik karbon (TIC) analizleri sonucunda " $\text{TC} - \text{TIC} = \text{TOC}$ " şeklinde hesap edilerek belirlenmiştir. İncelenen tüm bu parametrelere ilerleyen kısımlarda değinilmektedir.

### 1.10.1. Çözünmüş Oksijen

Dünyada bulunan oksijenin büyük bir kısmı atmosferde bulunurken bir kısmı da su içinde (özellikle okyanuslarda) çözünmüş olarak bulunur. Bu oksijen su içindeki yaşamın temelini oluşturur. Su içinde yürüyen fotosentez olayları sonucu oluşan oksijen, suyun oksijen ile doymuş hale gelmesini sağlar. Bu olaylar güneş ışığı ve karbon dioksit varlığında gerçekleşir. Bakteriler bu oksijeni kullanarak biyolojik parçalanmayı meydana getirir. Su içinde çözünmüş olarak bulunabilen doymuş oksijen konsantrasyonu, su ile temas halinde bulunan havadaki oksijenin kısmi basıncı, su içinde çözünmüş olarak bulunan tuzların konsantrasyonu ve suyun sıcaklığına bağlıdır. Tuz konsantrasyonu arttıkça oksijenin çözünürlüğü azalır. Sıcaklık arttıkça, bütün gazlarda olduğu gibi su içinde çözünürlükte azalma görülür. Şekil 8’de tuzluluk konsantrasyonları farklı suların sıcaklığa göre doymuş oksijen konsantrasyonları görülmektedir (Yalçın ve Gürü, 2002).



Şekil 8. Değişik oranlarda NaCl katılmış saf suların çözünmüş oksijen konsantrasyonları

### 1.10.2. Sıcaklık

Yüzeysel suların sıcaklıkları doğal olarak iklime göre belirlenir. Genel olarak ekvatorдан uzaklaştıkça ve deniz seviyesinden yükseldikçe suların sıcaklığı düşer. Yer altı sularının sıcaklığı ise, daha çok derinliğe bağlı olup 20 - 40 m derinlikte (ortalama 33 m) 1°C yükselir. Ancak düzenli yükselme nötr bölge denen ve yerin mineralojik yapısına göre

15-40 m derinlikten sonra görülür. Bu ara bölgede yer altı suyu sıcaklığını enlem, rakım, topografya, rüzgar ve yağış suyu sıcaklığı gibi etkenler belirler (Yalçın ve Gürü, 2002).

### **1.10.3. Elektriksel İletkenlik**

Bir suyun elektriksel iletkenliği, su içinde çözünmüş olarak bulunan iyonların cinsi ve konsantrasyonuna bağlıdır. Çözülmüş tuz konsantrasyonu arttıkça elektriksel iletkenlikte de artış olur. Bu nedenle suların elektriksel iletkenliği ölçülerek su içinde çözülmüş tuz miktarı hakkında fikir edinilebilir. Bir çözeltinin özgül elektriksel direnci, 1 cm<sup>2</sup> yüzey alanı ve 1 cm uzaklıkta bulunan iki elektrot arasında ölçülen dirençtir. Elektriksel iletkenlik ise, elektriksel direncin tersi olarak tanımlanır (Yalçın ve Gürü, 2002).

### **1.10.4. Bulanıklık**

Su içinde çözünmemiş olarak süspansiyon ve kolloidal halde bulunan çok küçük çaplı katı tanecikler bulanıklığı oluşturur. Organik ve inorganik maddelerden oluşan bulanıklık süzülerek ayrılabilen (süspansiyonlar) ve süzilemeyen (kolloidler) olarak ayrılır. Bulanıklık, su kalitesi ve görünümü açısından istenmeyen bir özelliktir. Bütün kullanım alanlarında suyun berrak olması istenir. Bulanıklık özellikle güneş ışınlarını engellediği için su altı bitki ve organizmalarının yaşamasını güçleştirir. İçme sularında bulanıklığın 5 birimden fazla olması istenilmez. Özellikle demir ve mangan bileşiklerinden kaynaklanan bulanıklığın hiç olmaması gerekir. Gıda sanayinde, tekstil ve kağıt üretiminde kullanılacak olan sularda bulanıklık büyük önem taşır (Yalçın ve Gürü, 2002).

### **1.10.5. Askıda Katı Madde**

Akarsularda su akarken beraberinde katı maddeler de taşır. Bu katı maddeler ya akarsu havzasındaki erozyondan veya akarsu yatağındaki aşınmalardan kaynaklanır. Akarsu yatağındaki aşınmalar o bölgede bir takım oyulmaların oluşmasına sebep olur. Öte yandan akarsudaki akımın sürüklenme gücünün azaldığı bölgelerde, taşınmakta olan katı maddelerin bir kısmı tabana çöker ve yığılmalar olur. Böylece akarsu boyunca katı madde hareketlerinden kaynaklanan bir takım oyulma ve yığılmalar meydana gelir. Bu katı madde

olayları sonucunda akarsu morfolojisi değişir, üzerinde yapılan yapılar fonksiyon ve sağlıklılık açısından zarar görür, hatta akarsuyun su kalitesi etkilenir. Akarsuların taşıdığı katı maddeler çeşitli Őekillerde sınıflandırılabilir (Erkek ve Ağıralioğlu, 2010):

1. Malzemenin kaynağına göre;

- a) yatak malzemesi
- b) yıkanmış malzeme

2. Akarsuda taşınma Şekline göre;

- a) askı maddesi
- b) sürüntü maddesi

Su içinde askıda kalan ve uzun süre içinde çökelebilen çok küçük çaplı organik ve inorganik katı maddelere askıdaki katı maddeler (AKM) denir (Yalçın ve Gürü, 2002). Askıda katı maddeler, suda çözünür olmayan halde bulunurlar. Bu znr halde olmayan maddeler ya çökelebilen nitelikte, ya da çok ufak boyutlarda ve elektrik yüke sahip olmaları sebebi ile askıda kalırlar. Askıda maddelerzellikle sularda bulanıklık, ışık geçirgenliğini azaltıcı etki ve alıcı ortamda dip birikintilerine yol aarak su canlılarını etkilerler (Demir vd., 2000).

### 1.10.6. pH

Doğal suların pH değerleri içerdikleri maddelere göre değişir. Belli bir sıcaklıkta suyun pH derecesi içinde bulunan hidrojen iyonu aktivitesine bağlıdır.

$$\text{pH} = -\log a_{\text{H}^+} \quad (1)$$

Saf su çok az olarak iyonlarına ayrışır. Ayrışma sabiti 25 C sıcaklıkta  $K_{\text{su}} = 10^{-14}$ tür.



$$K_{su} = [H^+] [OH^-] = 10^{-14} \quad (3)$$

$$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7} \quad (4)$$

$$pH = -\log 10^{-7} = 7 \quad (5)$$

Burada,

$[H^+]$  : Hidrojen iyonu konsantrasyonu, mol/L

$[OH^-]$ : Hidroksil iyonu konsantrasyonu, mol/L

$K_{su}$  : Suyun iyonlar çarpımıdır.

Görüldüğü üzere saf suyun 25 °C deki pH değeri 7 dir. Buna benzer olarak pOH değeri de 7 dir. Yani saf su ne asit ne de bazik karakterde olmayıp nötraldir. Suyun iyonlar çarpımı sıcaklıkla değiştiği için pH değeri de sıcaklıkla değişir. Saf suyun pH değeri 0 °C de 7.5, 60 °C de ise 6.5 dir (Yalçın ve Gürü, 2002).

### 1.10.7. Nitrit ve Nitrat

Su içinde bulunan azot başlıca, toprak içinde çürüyen bitkisel proteinlerin amino gruplarından kaynaklanır. Sudaki amonyum iyonları ise, ürenin ve atmosferik azotun bitki köklerinde tutulması ile oluşur. Bu iyon su ve toprakta bulunan bazı mikroorganizmaların etkisi ile nitrifikasyon reaksiyonları sonucu nitrate dönüşür. Diğer taraftan tarımda kullanılan gübre artıkları da drenaj yoluyla doğal sulara karışır. En önemli nitrat kaynaklarından biri de atmosferik azotun şimşek olaylarında havadaki oksijen ile birleşerek azot oksidi haline dönüşmesinden kaynaklanır. Bu nedenle yüzey suları ve sığ kuyularda nitrate daha çok rastlanır. Doğal sular içine karışan nitrit de kısa sürede nitrate dönüşür. Bitkiler su içinde bulunan nitrat ve amonyumu bünyelerine alarak protein haline dönüştürür. Bazı bakteriler de nitrat ve nitriti anaerobik olarak moleküler azota dönüştürür. Azot çevriminin önemli bir halkasını oluşturan bu olaya denitrifikasyon denir (Yalçın ve Gürü, 2002).

Su içinde bulunan nitrat, nitrit haline indirgenirse toksik etki gösterir. Nitrit, hemoglobine etki yaparak, oksijen taşıma mekanizması üzerine zararlı olur. Özellikle üç aylıktan daha küçük yaşta çocuklarda hemoglobin üzerindeki zararlı etkisi daha

belirgindir. 50 mg/L'den fazla nitrat çocuklarda methemoglobinemia hastalığına neden olur. İçme ve kullanma sularında 50 mg/L'den fazla nitrat bulunması istenilmez (EC, 1998; WHO, 2004; İTASHY, 2005; TS 266, 2005). Nitrit için bu değer 0.5 mg/L'dir (EC, 1998; İTASHY, 2005; TS 266, 2005).

#### **1.10.8. Amonyum**

Amonyum suya azotlu organik bileşiklerin bozunması yoluyla girer. Ev atık sularında yaklaşık olarak 10-20 mg/L amonyum ve organik amin bileşikleri bulunur. Azotlu organik bileşikler suda parçalanarak amonyak oluşturur. Doğal suların pH'sı 8 civarında olduğundan, bu sular içinde bulunan amonyak büyük bir yüzde ile  $\text{NH}_4^+$  iyonu halinde bulunur. Amonyanın toksik etkisi  $\text{NH}_3$  halindedir. Böyle olunca yüksek pH derecelerinde amonyanın toksik etkisi fazlaşır. Balıklar için sudaki zehirli olan amonyak 0.2-2.0 mg/L  $\text{NH}_3$  olduğu zaman söz konusu olur (Yalçın ve Gürü, 2002).

Yüzeysel sularda genellikle 0.1-1.0 mg/L arasında amonyak azotu bulunur. Yer altı sularında amonyak çok azdır. Bu durum amonyak azotunun toprakta bulunan bakteriler yardımı ile amonyak azotunu nitrata dönüştürmesinden ileri gelir. İçme ve kullanma sularında amonyum için sınır değer 0.5 mg/L olarak verilmektedir (EC, 1998; Yalçın ve Gürü, 2002; İTASHY, 2005; TS 266, 2005).

#### **1.10.9. Kjeldahl Azotu**

Su içinde bulunan nitrit ve nitrat azotu dışındaki bütün azotlu bileşikler kjeldahl azotu olarak tanımlanır. Azot su içinde amonyak, nitrit, nitrat ve organik azot bileşikleri halinde bulunur. Su içindeki organik azot, toplam kjeldahl azotu değerinden amonyak azotu çıkarılarak bulunur (Yalçın ve Gürü, 2002).

#### **1.10.10. Fosfor**

Fosfor doğada ya mineral ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{K}_3\text{PO}_4$  vb.) ya da organik bağlı olarak (nükleik asitler, ATP, fosfolipidler) bulunur. Organik fosfor bileşikleri, biyolojik aktivitelerle parçalanarak ortama fosfat iyonu ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) verirler. Bu fosfat iyonu, ya mineralize olarak doğaya katılır ya da organizmalar tarafından tutulur. Biyolojik olarak

fosfat tutulması iki şekilde olur; fosfat ya organizmaların yapısına asimile olur (nükleik asit, fosfolipid, ATP v.b.) ya da polifosfat halinde bazı organizmalar tarafından (Acinetobacter sp.) hücre içinde tutulur. Aşırı fosfat tutulması olarak adlandırılan bu olgu organizmalar için enerji kaynağı teşkil eder. Acinetobacter organizmaları, C/N oranının yüksek olduğu durumlarda ortamda mevcut aşırı karbon bileşiklerini polihidroksibütirat (PHB) olarak biriktirirler ve bu iş için gerekli olan enerjiyi polifosfat bileşiklerinin hidrolizinden elde ederler. Polifosfat biriktiren bu organizmalar, gübre katkı maddesi olarak kullanılabilirler. Fosfor döngüsü, sadece toprak ve suda cereyan eden bir döngüdür. Atmosferdeki fosfor bileşikleri yok denecek kadar azdır (İleri, 2000).

Fosfor sularda ve atık sularda çeşitli yapılarda bulunur. Bunlar başlıca ortofosfatlar, polifosfatlar, metafosfatlar ve organik fosfordur. Fosforun başlıca kaynakları evsel atık sular ve tarım alanı drenaj sularının taşımış olduğu gübre artıklarıdır. Yapay gübre endüstrileri gibi bazı kaynaklar dışında, endüstriyel atık sular içindeki fosfor kaynakları önem taşımaz (Yalçın ve Gürü, 2002).

Evsel atık sularda ortalama 10 mg/L fosfor bulunur. Bu fosfor yaklaşık olarak, 5 mg/L ortofosfat fosforu, 3 mg/L tripolifosfat, 1 mg/L pirofosfat ve 1 mg/L organik fosfor şeklindedir. Evsel atık sulardaki fosforun yaklaşık % 50'si deterjan kullanımından kaynaklanmaktadır. Tarım drenaj sularında fosfor konsantrasyonları genellikle 0.05-1.00 mg/L arasında değişir. Doğal sularda bulunan fosforun % 50 kadarı organik fosfor şeklindedir (Yalçın ve Gürü, 2002).

#### **1.10.11. Deterjan**

Silmek, yıkamak, arıtmak, temizlemek ve paklamak gibi anlamlara gelen “deterge” kelimesinden türeyen deterjan terimi, dilimizde arıtıcı, temizleyici ve kir giderici gibi anlamlara gelmektedir. Deterjan, genel temizleme işlerinde kullanılan ve içersinde esas temizleyici olarak kullanılan alkil sülfat veya alkil aril sülfonat tipindeki anyonik yüzey aktif maddeler ve temizleme işlemine yardımcı diğer maddeler bulunan toz, granül, yumuşak kıvamlı veya sıvı haldeki karışımlara denir (Egemen, 2000).

Deterjanların üç önemli fonksiyonu vardır:

- Suyun yüzey gerilimini düşürerek, ıslanma sağlama özelliği,
- Kiri yüzeyden koparma (emülsiyon özelliği),
- Kirin su içinde dağılmasını sağlama (disperse etme) özelliği (Minareci, 2007).



Deterjan kompozisyonunu oluşturan maddeler, yüzey aktif maddeler, yapısal maddeler, ağartıcılar (beyazlatıcılar) ve diğer yardımcı maddeler olarak dört bölümde incelenir. Yüzey aktif maddeler, bir deterjan formülasyonunda, temizleme işlemini sağlayan en etkin bileşendir. Sulu çözeltideki iyonların davranışına göre, anyonik, katyonik, noniyonik ve amfoterik olmak üzere dört gruba ayrılırlar. Anyonik deterjanlar, en çok kullanılan ve evlerde tüketilen deterjanlardır (Minareci, 2007).

Deterjanların temel maddesini oluşturan alkil benzen sülfonatlar (ABS) su içinde uzun süre parçalanmadan kalırlar. Bunlar arıtma tesislerinde köpük oluşturarak işlemleri güçleştirir. Bu sorunlar nedeniyle son yıllarda ABS türü parçalanmayan deterjan türleri yerine lineer alkil sülfonatlar (LAS) kullanılması yoluna gidilmiştir (Yalçın ve Gürü, 2002).

#### **1.10.12. Kimyasal Oksijen İhtiyacı**

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), su örneğinin asidik ortamda kuvvetli bir kimyasal oksitleyiciyle oksitlenebilen organik madde miktarının oksijen eşdeğeri cinsinden ifadesidir.

KOİ, su ve atıksuların karakterizasyonunda önemli ve çabuk sonuç veren bir parametredir. Bir suya ait KOİ değeri, BOİ'den farklı olarak biyolojik yollarla ayrışmayan bazı maddeleri de içerebilmektedir. Bu sebeple KOİ değeri her zaman BOİ'ye eşit veya büyüktür.

Numuneler, cam veya polietilen (PE) şişelerde toplanmalıdır. Numune alımından itibaren numuneler 5 gün içinde analiz edilmelidir. Eğer numunelerin saklanması gerekiyorsa; 10 mL / L derişik sülfürik asit eklenerek 0 - 5 °C arasında korunabilmektedir.

#### **1.10.13. Toplam Organik Karbon**

Sulardaki toplam organik karbon (TOC), doğal organik maddenin çürümesinden ve sentetik kaynaklardan ileri gelir. Hümik asit, fulvik asit, aminler ve üre doğal organik maddenin çeşitleridir. Deterjanlar, pestisitler, suni gübreler, zararlı ot öldürücüler (herbisit), endüstriyel kimyasallar ve klorlu organikler sentetik kaynaklara örnektir.

1974 yılında oluşturulan Birleşik Devletler Güvenli İçme Suyu Kanunu (US Safe Drinking Water Act) ile beraber klasik fakat çok uzun BOİ ve KOİ analizlerine, çabuk ve doğru bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır.

Su içinde çözülmüş olarak bulunan organik maddelerin tümü TOC ile ifade edilir. Organik madde miktarı, TOC'un 2.0 ila 2.5 katı alınarak yaklaşık olarak bulunabilir (Yalçın ve Gürü, 2002). Genel olarak TOC, çözülmüş organik karbon (DOC) ve parçacık organik karbon (POC)'dan oluşur.

SKKY'de, Kıtaçi Yüzeysel Suların Sınıflandırılması bahsinde I. Sınıf sudaki TOC için müsaade edilen değer 5 mg/L'dir.

#### **1.10.14. Toplam Sertlik**

Sularda sertliğe yol açan başlıca iyonlar kalsiyum ve bir ölçüye kadar da magnezyum iyonlarıdır. Genellikle kalsiyum karbonatın eşdeğer miktarı olarak ifade edilir. Demir, mangan ve stronsiyum gibi iki değerlikli metal iyonları sertlik açısından doğal sularda buldukları konsantrasyonlarda önem taşımaz. (Yalçın ve Gürü, 2002; WHO, 2004).

Doğal sularda yaygın olarak bulunan bikarbonat, sülfat, klorür gibi anyonlar ile oluşan kalsiyum ve magnezyum tuzlarının çözünürlükleri çok fazladır. Su sertliği daha çok bu tuzlardan ileri gelir. Kalsiyum ve magnezyumun bikarbonatların oluşturduğu sertliğe "karbonat sertliği" adı verilir. Kalsiyum bikarbonat, ısıtılınca karbonat olarak çöktüğü için karbonat sertliğine "geçici sertlik" adı da verilmektedir. Kalsiyum ve magnezyumun bikarbonat dışındaki bileşikleri "karbonat olmayan sertliği" oluşturur. Buna da "kalıcı sertlik" denir. Karbonat sertliği ve karbonat olmayan sertlik toplamı "toplam sertliği" verir.

Suların sertliği, yaygın olarak içerdikleri sertlik veren maddelerin CaCO<sub>3</sub> eşdeğeri cinsinden bir litrede mg olarak miktarları ile (yani ppm CaCO<sub>3</sub> olarak) belirlenir. Ancak pratikte su sertliğini belirlemede çeşitli birimler kullanılmaktadır. Bu birimler aşağıda verilmektedir. Hesaplarda kolaylık sağlamak açısından sertliğin miliekiivalent/L olarak (1 mek/L=50 mg/L CaCO<sub>3</sub>) veya mg/L CaCO<sub>3</sub> (ppm CaCO<sub>3</sub>) birimleri tercih edilmektedir. Tablo 7'de sertlik birimlerinin birbirine nasıl dönüştürüldüğü gösterilmektedir.

pH ve alkaliniteye bağlı olarak yaklaşık 200 mg/L üzerindeki sertlik, bilhassa tortu birikimi ile sonuçlanabilir. Yaklaşık 100 mg/L'den daha az bir sertliğe sahip yumuşak sular düşük bir tamponlama kapasitesine sahiptir ve su boruları için daha korrozif olabilirler (WHO, 2004).

Tablo 7. Sertlik birimlerinin birbirine dönüştürülmesi

| Sertlik birimleri       | mek/L | °dH   | °fH  | °eH  | mg CaCO <sub>3</sub> /L |
|-------------------------|-------|-------|------|------|-------------------------|
| mek/L                   | 1     | 2.8   | 5.0  | 3.5  | 50                      |
| °dH                     | 0.357 | 1     | 1.79 | 1.25 | 17.9                    |
| °fH                     | 0.200 | 0.560 | 1    | 0.7  | 10.0                    |
| °eH                     | 0.286 | 0.800 | 1.43 | 1    | 14.3                    |
| mg CaCO <sub>3</sub> /L | 0.020 | 0.056 | 0.1  | 0.07 | 1                       |

1 miliekivalent/L : 50 mg CaCO<sub>3</sub>/L = 28 mg CaO/L

1 °dH : 10 mg CaO/L

1 °fH : 10 mg CaCO<sub>3</sub>/L

1 °eH : 10 mg CaCO<sub>3</sub>/0.7 L = 14.3 mg CaCO<sub>3</sub>/L

### 1.10.15. Demir

Demir yer kabuğunda en çok bulunan dördüncü metaldir. Toprakta birçok mineralde, özellikle killere içinde demir bileşikleri bulunur. Bu mineraller içinden geçen sular, değişik oranlarda demiri Fe<sup>2+</sup> ve Fe<sup>3+</sup> iyonları halinde çözer (Yalçın ve Gürü, 2002).

İçme ve kullanma sularında 0.300 mg/L'den fazla demir bulunması suyun tadını bozması ve çamaşır yıkamada renk oluşturması açısından istenilmez. 1 mg/L'den fazla demir suda yaşayan diğer canlılar için de zararlı etki yapar. Endüstride kullanılan bazı proses sularında demirin içme sularındakinden de az olması istenir. Örneğin boya, tekstil, kağıt, meşrubat sanayi ve deri endüstrisinde kullanılan sularda demirin bulunması istenmez (Yalçın ve Gürü, 2002).

Demir, insan beslenmesinde temel bir elementtir. Demir için asgari günlük gereksinim tahminleri, yaş, cinsiyet, fizyolojik durum ve demir biyoyararlanımlığına bağlıdır ve yaklaşık 10-50 mg/gün arasında değişmektedir (WHO, 2004).

SKKY'de, Kıtaçi Yüzeysel Suların Sınıflandırılması bahsinde I. Sınıf sudaki demir için müsaade edilen değer 0.300 mg/L'dir. İçme ve kullanma sularında demir sınır değeri 0.200 mg/L'dir (İTASHY, 2005; TS 266, 2005). WHO (2004) tarafından içme suyundaki demir için önerilen bir değer bulunmamaktadır.

### 1.10.16. Mangan

Mangan, yer kabuğunda en çok bulunan metallere biridir ve genellikle demir ile birlikte bulunur. Çoğunlukla, demir ve çelik alaşım üretiminde, potasyum permanganat olarak temizleme, ağartma ve dezenfeksiyon için bir oksidan ve çeşitli ürünlerde bir katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Son zamanlarda, Kuzey Amerika'da petrolde bir oktan artırıcı olarak organik bir bileşikte kullanılmaktadır. Bazı yerlerde, mangan yaşı kumları içme suyu arıtımında kullanılmaktadır (WHO, 2004).

Mangana toprakta sedimentler ve metamorfik kayalar içinde rastlanır. Yer altı suları içinde 2-3 mg/L  $Mn^{2+}$  bulunabilir. Oksijen içermeyen sularda  $Mn^{2+}$  iyonu halinde çözülmüş olarak bulunur. Oksijen içeren sularda kolaylıkla yükseltgenerek hidroksit halinde çöker. Suyun pH'sı ve bikarbonat - karbonat dengesi çözülmüş mangan bileşikleri üzerinde etkili olur (Yalçın ve Gürü, 2002).

Suda fazla miktarda mangan bulunması suyun tadını bozduğu gibi, çamaşırlarda aynen demir gibi leke yapar. Suda mangan ile birlikte demir de bulunursa bu leke yapma daha şiddetle kendini gösterir. Özellikle tekstil endüstrisinde kullanılan sularda 0.010 mg/L'den fazla mangan bulunması istenmez. Suların normal yumuşatma işlemleri sırasında mangan da büyük ölçüde giderilebilir. SKKY'de, Kıta içi Yüzeysel Suların Sınıflandırılması bahsinde I. Sınıf sudaki mangan için müsaade edilen değer 0.100 mg/L'dir. İçme ve kullanma sularında mangan sınır değeri 0.050 mg/L'dir (Yalçın ve Gürü, 2002; İTASHY, 2005; TS 266, 2005).

Mangan, bitki ve hayvanlar için mikro düzeyde gerekli olan bir elementtir. Bu gıdalar yoluyla alınır. Mangan eksikliğinde bitkilerde klorofilin tam oluşmadığı ve yaprakların sarardığı görülür. İnsanlar mangan ihtiyacını genellikle tahıllardan alır. İnsanların günlük mangan ihtiyacı 0.010 mg civarındadır (Yalçın ve Gürü, 2002).

Solunum yoluyla maruz kalmayı müteakip nörolojik etkilere yol açtığı bilinmektedir. İçme suyunda çok yüksek seviyelere uzun maruziyeti müteakip olumsuz nörolojik etkileri rapor eden epidemiyolojik çalışmalar vardır (WHO, 2004).

### 1.10.17. Alüminyum

Toprağı oluşturan bütün kil minerallerinde alüminyum oksit vardır. Ancak alüminyum oksit suda çok az çözünür. Bu nedenle doğal sularda çok az miktarlarda

alüminyum bulunur. Alüminyum suya genellikle arıtma işlemleri sırasında geçer. Su arıtma işlemlerinde alüminyum tuzları koagülant olarak kullanılır. Özellikle alüminyum sülfat (alum) çok kullanılan bir koagülanttir. Bu tuz su içinde hidroliz olarak alüminyum hidroksit jeli halinde çökelir. Ancak bir miktar alüminyum su içinde kalabilir (Yalçın ve Gürü, 2002).

Diğer taraftan alüminyum amfoterik özellik gösteren bir elementtir. Alüminyum hem asitler, hem de kuvvetli bazlar içinde çözünebilir. Mutfak eşyası olarak kullanılan alüminyum kaplardan suya alüminyum karışabilir. Alüminyumun belirli bir toksik etkisi olmamasına rağmen, bazı nörolojik hastalıklara neden olduğu ileri sürülmektedir. Bu nedenle içme suları içinde 0.200 mg /L'den fazla alüminyum bulunması istenilmemektedir (Yalçın ve Gürü, 2002; İTASHY, 2005; TS 266, 2005; WHO, 2004). SKKY'de, Kıtaçi Yüzeysel Suların Sınıflandırılması bahsinde I. Sınıf sudaki alüminyum için müsaade edilen değer 0.300 mg/L'dir.

#### 1.10.18. Krom

Krom, yerkabuğunda büyük ölçüde dağılmıştır.  $Cr^{3+}$  ile  $Cr^{6+}$  değerliklerle bulunabilmektedir. Genelde, alınan miktarın ana kaynak olarak gıdalar ortaya çıkmaktadır (WHO, 2004).

Krom doğal sularda (+3) değerlikli halde bulunur. Bu iyon  $pH < 4$  olduğu zaman kararlı haldedir. Daha yüksek pH değerlerinde hidroliz olur.  $Cr^{6+}$  ancak endüstri atık suları ile suya karışabilir.  $Cr^{6+}$  çok yükseltgen bir maddedir.  $Cr^{6+}$ 'nın toksik etkisi  $Cr^{3+}$ 'nın yaklaşık yüz katı fazladır. Midede ve bağırsakta  $Cr^{3+}$ 'ya indirgenip zararlı etki yapar (Yalçın ve Gürü, 2002).

Krom, insan vücudu için gerekli olan bir elementtir. Gıdalar içinde yeterli miktarda bulunmadığı için insanlarda krom eksikliği söz konusu olabilir. İnsanlar günde yaklaşık 5 µg üriner sistem ile krom kaybeder. Bu kromun yerine konulması gerekir (Yalçın ve Gürü, 2002).

Kromun fazlası insan sağlığı için zararlıdır. SKKY'de, Kıtaçi Yüzeysel Suların Sınıflandırılması bahsinde I. Sınıf sudaki toplam krom için müsaade edilen değer 0.020 mg/L'dir. İçme ve kullanma sularında toplam krom sınır değeri 0.050 mg/L'dir (Yalçın ve Gürü, 2002; İTASHY, 2005; TS 266, 2005; WHO, 2004).

## 1.11. Yapay Sinir Ağları

### 1.11.1. Giriş

İnsanın düşünme yapısını anlamak ve bunun benzerini ortaya çıkaracak bilgisayar işlemlerini geliştirmeye çalışmak olarak tanımlanan yapay zeka, aslında programlanmış bilgisayarlara düşünme yeteneği sağlama girişimidir. İnsan gibi düşünen ve davranan sistemlerin geliştirilmesine yönelik olarak 1950’li yıllardan beri süren yapay zeka çalışmaları, bir noktada insanı taklit etmeye yönelik olduğundan mühendislik, nöroloji ve psikoloji gibi alanlara da yayılmıştır. İnsan gibi düşünebilen ve davranabilen sistemlerin geliştirilmesi için yapılan çalışmalarda bugün gelinen nokta, henüz yapay zekanın geliştirilememiş olmasıdır. Ancak, bu konudaki çalışmalar bu alanı destekleyen farklı alanlardaki çalışmalarla birlikte devam etmektedir (Yurtoğlu, 2005).

Yapay zeka tekniklerinden biri olan yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. Bu yetenekleri geleneksel programlama yöntemleri ile gerçekleştirmek mümkün değildir. O nedenle, yapay sinir ağlarının, programlanması çok zor veya mümkün olmayan olaylar için geliştirilmiş adaptif bilgi işleme ile ilgilenen bir bilgisayar bilim dalı olduğu söylenebilir.

Teknik olarak bir yapay sinir ağının en temel görevi, kendisine gösterilen bir girdi takımına karşılık gelebilecek bir çıktı takımı belirlemektir. Bunu yapabilmesi için ağ, ilgili olayın örnekleri ile eğitilerek (öğrenme) genelleme yapabilecek yeteneğe kavuşturulur. Bu genelleme ile benzer olaylara karşılık gelen çıktı takımları belirlenir (Öztemel, 2006).

Günümüzde bilimin birçok dalında uygulama alanı bulan YSA, özellikle çevre ve inşaat mühendisliğinin birçok alanında (hidroloji, hidrolik vs) başarıyla kullanılmaktadır.

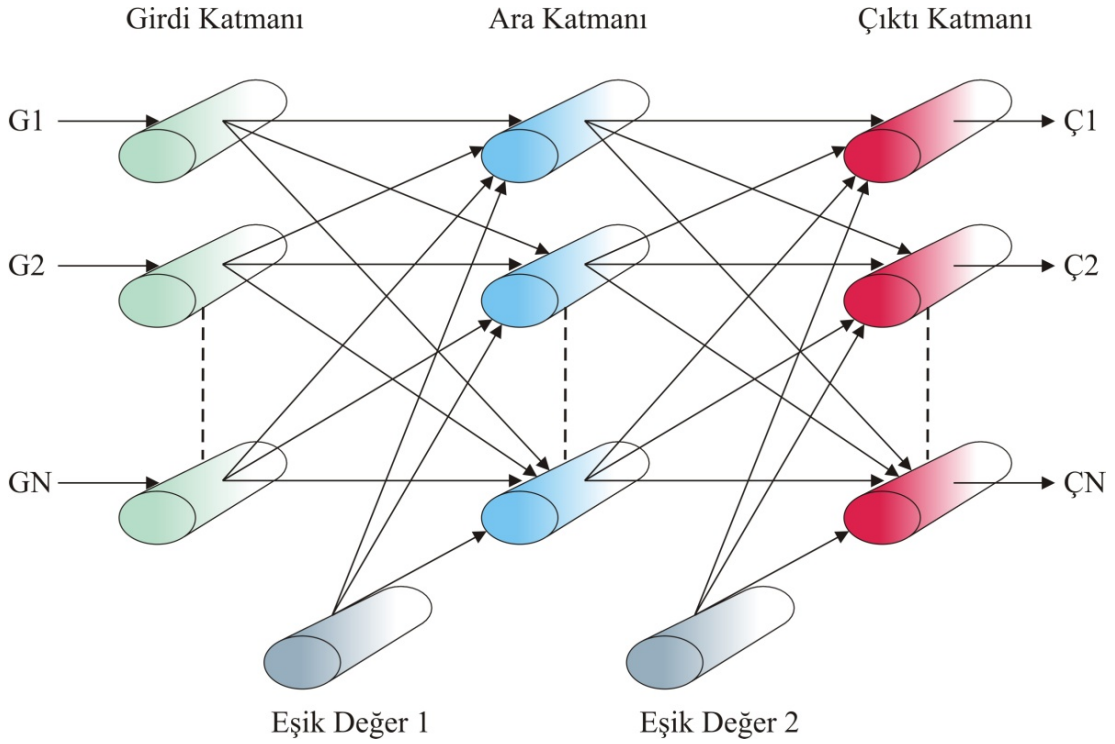
Günümüze dek birçok YSA modeli geliştirilmiştir. Bu modeller YSA ile ilgili yazılan birçok kaynakta ayrıntılı bir biçimde verilmektedir (Haykin, 1994; Şen, 2004). Bu çalışmada, elde edilen verilerin analizinde, birçok inşaat mühendisliği çalışmasında (yağış-akış modellemesi, akım tahminleri vs) başarıyla uygulanmış çok katmanlı algılayıcı (ÇKA) YSA modeli kullanılmıştır. Bu nedenle sadece bu modelin işleyişi ile ilgili temel bilgiler sunulacaktır.

### 1.11.2. Çok Katmanlı Algılayıcı

Yapay sinir ağlarının ilk geliştirilen modellerinin en önemli özellikleri doğrusal olayları çözebilmeleridir. Bu özelliklerinin dışında, doğrusal olmayan ilişkileri öğrenmelerinde güçlüklerle karşılaşmışlardır. Bu nedenle çok katmanlı algılayıcılar (ÇKA) geliştirilmiştir.

#### 1.11.2.1. ÇKA Model Yapısı

ÇKA ileri doğru bağlantılı ağlardır ve üç katmandan oluşurlar. Bu katmanlar girdi, ara ve çıktı katmanlarıdır (Şekil 9).



Şekil 9. Çok Katmanlı Algılayıcı modeli

Girdi katmanı dış dünyadan gelen girdileri (G1, G2, ... GN) olarak ara katmana gönderir. Bu katmanda veri işleme olmaz ve gelen her bilgi geldiği gibi bir sonraki katmana gider. Girdi katmanındaki her işlem elemanı bir sonraki katmanda bulunan işlem elemanlarına bağlıdır.

Ara katmanlar, girdi katmanından gelen bilgileri işlerler ve bir sonraki katmana gönderirler. Ara katman sayısı ve ara katmanda bulunan işlem elemanı birden fazla olabilir. Ara katmanda bulunan her işlem elemanı da bir sonraki katmandaki tüm işlem elemanlarına bağlıdır.

Çıkış katmanı, ara katmandan gelen bilgileri işleyerek ağın ürettiği çıktıları (Ç1, Ç2, ...ÇN) belirleyip dış dünyaya iletir. Çıktı katmanında birden fazla işlem elemanı olabilir. Bu işlem elemanları tek çıktı verebilir ve bir önceki katmanda bulunan işlem elemanlarına bağlıdır (Öztemel, 2006).

### 1.11.2.2. ÇKA Ağının Öğrenme Kuralı

ÇKA ağları, öğretmenli öğrenme modeline göre çalışırlar. Bu durum, ağlara eğitim sırasında hem girdilerin hem de o girdilere karşılık üretilmesi beklenen çıktıların ağa tanıtılması demektir. ÇKA ağının öğrenme kuralı, en küçük kareler yöntemine dayalı Delta Öğrenme Kuralının genelleştirilmiş halidir. Bu nedenle, öğrenme kuralına Genelleştirilmiş Delta Kuralı da denmektedir. Ağın öğrenebilmesi için eğitim takımı adı verilen ve örneklerden oluşan bir veri takımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu veri takımında her örnek için hem girdiler hem de o girdiler için ağın üretmesi gereken çıktılar belirlenmiştir. Genelleştirilmiş Delta Kuralı iki safhadan oluşur. İlk safha ileri doğru hesaplama adı verilen ağın çıktısını hesaplama safhasıdır. İkinci safha ise geriye doğru hesaplama olarak bilinen ağırlıkları değiştirme safhasıdır (Öztemel, 2006). Bu iki safhada gerçekleştirilen işlemler kısaca şu şekilde tanımlanabilir:

Adım 1. Ağırlıkların ilklendirilmesi: Rastgele küçük sayılar seçilerek gerçekleştirilir,

Adım 2. Örneklerin ağa girilmesi:  $y^k$  çıkış vektörüne karşılık gelen  $u^k$  giriş vektörü ağa girilir,

Adım 3. İleri doğru hesaplama safhası: İlk ara katmandan başlanır ve çıktı katmanına kadar ilerlenir,

Adım 3.1. L katmanındaki işlem elemanları için net girdiler hesaplanır,

Adım 3.1.1. L-1 giriş katmanı ise:

$$a_{h_L}^k = \sum_{j=0}^N w_{jh_L} u_j^k \quad (6)$$



Adım 3.1.2. L-1 ara katman ise:

$$a_{h_L}^k = \sum_{j_{L-1}=0}^{N_{L-1}} w_{j_{L-1}h_L} u_{j_{L-1}}^k \quad (7)$$

Adım 3.2. L katmanındaki işlem elemanları için çıktı değerleri hesaplanır,

$$x_{h_L}^k = f_L(a_{h_L}^k) \quad (8)$$

Burada, değer çıkış tabakası için hesaplanacaksa  $h_L$  yerine  $i_0$  kullanılmalıdır ve  $f$  ise işlemci fonksiyonudur.

Adım 4. Çıktı hataları: Çıktı tabakasındaki hata değerleri hesaplanır,

$$\delta_{i_0}^k = (y_{i_0}^k - x_{i_0}^k) f'(a_{i_0}^k) \quad (9)$$

Adım 5. Geriye doğru hesaplama safhası: Hata değerlerinin giriş katmanından başlayarak her L tabakası için geri yayılır,

$$\delta_{h_L}^k = f'(a_{h_L}^k) \sum_{i_{L+1}=0}^{N_{L+1}} \delta_{i_{L+1}}^k w_{h_L i_{L+1}}^k \quad (10)$$

Burada, değer çıkış tabakası için hesaplanacaksa  $h_L$  yerine  $i_0$  kullanılmalıdır.

Adım 6. Ağırlıkların değiştirilmesi: Ağırlıklar şu şekilde değiştirilmektedir:

$$w_{j_{L-1}h_L}(t+1) = w_{j_{L-1}h_L}(t) + \gamma \delta_{h_L}^k x_{j_{L-1}}^k + \eta [w_{j_{L-1}h_L}(t) - w_{j_{L-1}h_L}(t-1)] \quad (11)$$

Burada,  $\gamma$  öğrenme katsayısını ve  $\eta$  ise momentum katsayısını ifade etmektedir.

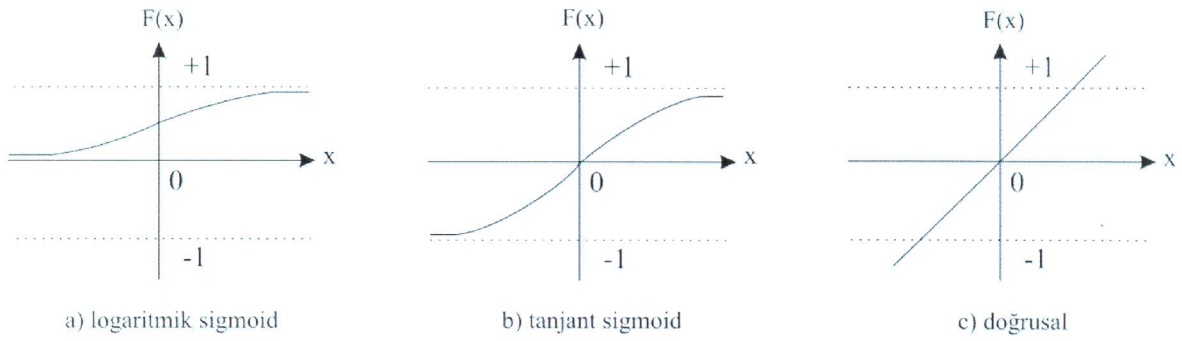
Adım 7. Verilen iterasyon sayısına veya toplam karesel hata değerine ulaşıncaya kadar 2. - 6. adımlar tekrar edilir. Toplam karesel hata şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\langle E^k \rangle = \left\langle \frac{1}{2} \sum_{i_0=1}^M (y_{i_0}^k - x_{i_0}^k)^2 \right\rangle \quad (12)$$

Burada, ara katman işlem elemanları ve çıktı katmanı işlem elemanları arasında yapılan işlemleri tanımlamada sırasıyla L ve o alt indisleri kullanılmıştır. Bunun yanında, giriş ve çıkış tabakalarını ifade etmek için j ve i, ara tabakaları ifade etmek için ise h alt indisleri kullanılmıştır (Halıcı, 2011).

Yukarıda denklem 8'de geçen işlemci fonksiyonları içerisinde en sık kullanılanı, logaritmik sigmoid işlemci fonksiyonudur (Şekil 10a). Bu fonksiyonun çıktısı, 0 ile 1 arasında değişmektedir ve matematiksel ifadesi şu şekildedir:

$$F(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (13)$$



Şekil 10. İşlemci fonksiyonları (Demuth vd., 2007)

Bir diğer fonksiyon ise tanjant sigmoid fonksiyonudur (Şekil 10b). Bu fonksiyonda farklı olarak çıktı değerleri -1 ile 1 arasında değişmektedir. Matematiksel ifadesi ise şu şekildedir:

$$F(x) = \frac{1-e^{-2x}}{1+e^{-2x}} \quad (14)$$

Daha az kullanılan fonksiyonlardan birisi de doğrusal fonksiyondur (Şekil 10c). Matematiksel ifadesi aşağıda gösterildiği gibidir:

$$F(x) = A \cdot x \quad (15)$$

Burada, A sabit bir katsayıdır.

### 1.11.2.3. ÇKA Ağının Çalışma Adımları

ÇKA ağlarının çalışması şu adımları içermektedir:

Örneklerin toplanması: Ağdan çözmesi istenilen olay için daha önce gerçekleştirilmiş örneklerin bulunması adımıdır. Ağın eğitilmesi için toplandığı gibi (eğitim takımı) denenmesi için de örneklerin toplanması (deneme takımı) gerekmektedir. Ağın eğitilmesi sırasında, deneme takımı ağa hiç gösterilmez. Eğitim takımındaki örnekler tek tek gösterilerek ağın olayı öğrenmesi sağlanır. Ağ olayı öğrendikten sonra, deneme takımındaki örnekler gösterilerek ağın becerisi ölçülür. Hiç görmediği örnekler karşısındaki başarısı, ağın iyi öğrenip öğrenmediğini ortaya koymaktadır.

Ağın topolojik yapısının belirlenmesi: Öğrenilmesi istenen olay için oluşturulacak olan ağın topolojik yapısının oluşturulduğu adımdır. Kaç tane girdi ünitesi, kaç tane ara katman, her ara katmanda kaç tane işlem elemanı ve kaç tane çıktı elemanı olması gerektiği bu adımda belirlenmektedir.

Öğrenme parametrelerinin belirlenmesi: Ağın öğrenme katsayısı, momentum katsayısı ve işlem fonksiyonlarının belirlendiği adımdır.

Ağırlıkların başlangıç değerlerinin atanması: İşlem elemanlarını birbirlerine bağlayan ağırlık değerlerinin ve eşik değer ağırlıklarının başlangıç değerlerinin atanmasının yapıldığı adımdır. Başlangıçta genellikle rastgele değerler atanır. Daha sonra ağ uygun değerleri öğrenme sırasında kendisi belirler.

Öğrenme takımından örneklerin seçilmesi ve ağa gösterilmesi: Ağın öğrenmeye başlaması ve öğrenme kuralına uygun olarak ağırlıkları değiştirmesi için ağa örneklerin (Girdi / Çıktı değerleri) belirli bir düzende gösterildiği adımdır.

Öğrenme sırasında ileri hesaplamaların yapılması: Sunulan girdiler için çıktıların hesaplandığı adımdır.

Gerçekleşen çıktının beklenen çıktı ile karşılaştırılması: Ağın ürettiği hata değerlerinin hesaplandığı adımdır.

Ağırlıkların değiştirilmesi: Geri hesaplama yöntemi uygulanarak üretilen hatanın azalması için ağırlıklar değiştirilir.

Ağın öğrenmesi tamamlanıncaya kadar, yani gerçekleşen çıktılar ile beklenen çıktılar arasındaki hatalar kabul edilir düzeye ininceye kadar yukarıdaki adımlara devam edilir. Ağın öğrenmesi için bir durdurma ölçütü olması gerekmektedir. Bu ise, genellikle üretilen hatanın belirli bir düzeyin altına düşmesi olarak alınmaktadır (Öztemel, 2006).

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Çalışmanın Yapıldığı Harşit Çayı Havzası

Türkiye hidrolojik olarak 26 havzaya ayrılmaktadır. Hidrolojik havzaların 22. si olan Doğu Karadeniz Havzası, Çoruh (23) ve Aras (24) havzaları ile birlikte, Kafkasya Ekolojik Bölgesi'nin Türkiye kısmını oluşturur. Doğu Karadeniz Havzası, Melet Çayı, Harşit Çayı, Pazar Çayı, Karadere ve Fırtına Deresi gibi birbirine paralel olarak uzanan akarsuların alt havzalarından oluşur (Şekil 11). Harşit Çayı Havzası bu alt havzaların en büyüğüdür.



Şekil 11. Doğu Karadeniz Havzası

Harşit Çayı, Gümüşhane İli'nin doğu sınırında Cimli, Karakaban ve Kostan dağlarından doğar, Erzurum-Trabzon karayolu boyunca kuzey batı yönünde Gümüşhane kentine doğru akar. Gümüşhane'ye kadar güneyden gelen Tezene kolunu alır. Gümüşhane'den sonra Torul ilçesine kadar sağ sahilden Korum, sol sahilden en büyük kolu olan İkisü (Kodil) dereleri ile birleşir (Özey, 1990; Kocaman 1994).

Harşit Çayı Torul ilçesinden sonra Doğu Karadeniz'in yamaçları dik ve eğimi yüksek vadi özelliklerini oluşturarak akar. Kürtün İlçesi'ne gelmeden suyu en bol olan Kürtün (Manastır) kolunu alır. Drenaj yüzeyi gittikçe daralan Harşit Çayı, Doğankent İlçesi'nde Kavraz kolu ile birleştikten sonra Tirebolu İlçesi'nin doğusundan Karadeniz'e dökülür. 143 km ana kol uzunluğuna sahip Harşit Çayı'nın drenaj alanı 3280 km<sup>2</sup>'dir. Torul Barajı ve HES, Kürtün Barajı ve HES ile Akköy HES ve Doğankent HES önemli tesislerindedir.



### Torul Barajı ve HES

Torul Barajı, Doğu Karadeniz Bölgesinde, Gümüşhane İli'nin Torul İlçesi'ne 14 km uzaklıkta ve Harşit Çayı üzerinde bulunmaktadır (Şekil 12). Baraj yeri Gümüşhane'nin 40 km kuzeybatısında, Trabzon'un 90 km güneybatısındadır. 01.11.1998 tarihinde ihalesi yapılan Torul Barajı ve HES Tesisleri işinde, 14.11.2000 tarihinden itibaren fiilen işe başlanmış, 2007 yılında ise iş tamamlanmıştır.



Şekil 12. Torul Baraj gölü ve hidroelektrik santrali (Bayram vd., 2010b)

Harşit Çayı üzerinde DSİ tarafından inşa edilen Doğankent HES ile Kürtün Barajı ve HES inşaatlarından sonra üçüncü büyük tesis konumunda olan Torul Barajı ve HES temelden 142 m yüksekliğindedir (talvegden yükseklik 137 m). Ön yüzü beton kaplamalı kaya dolgu tipinde olan barajın normal su kotunda göl alanı 3.62 km<sup>2</sup>, göl hacmi 168 hm<sup>3</sup> olup (aktif hacim 83.3 hm<sup>3</sup>) 2096 km<sup>2</sup> yağış alanına sahiptir. 103 MW kurulu gücünde iki üniteden oluşan Torul HES'in yılda üreteceği enerji 322 GWh'dır (DSİ, 2011c; Bayram vd., 2010a,c; Bayram vd., 2011a,b,c; Bayram ve Önsoy, 2011b).

### Kürtün Barajı ve HES

Kürtün Barajı ve HES, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Gümüşhane'nin Torul İlçesi'nin 27 km kuzey batısında, Harşit Çayı üzerindedir (Şekil 13). 1986 yılında ihale edilen Kürtün Barajı ve HES inşaatı, 1995 yılından başlayarak önemli bir gelişme göstermiş, 2002 yılında tamamlanarak 2003 yılında işletmeye açılmıştır.



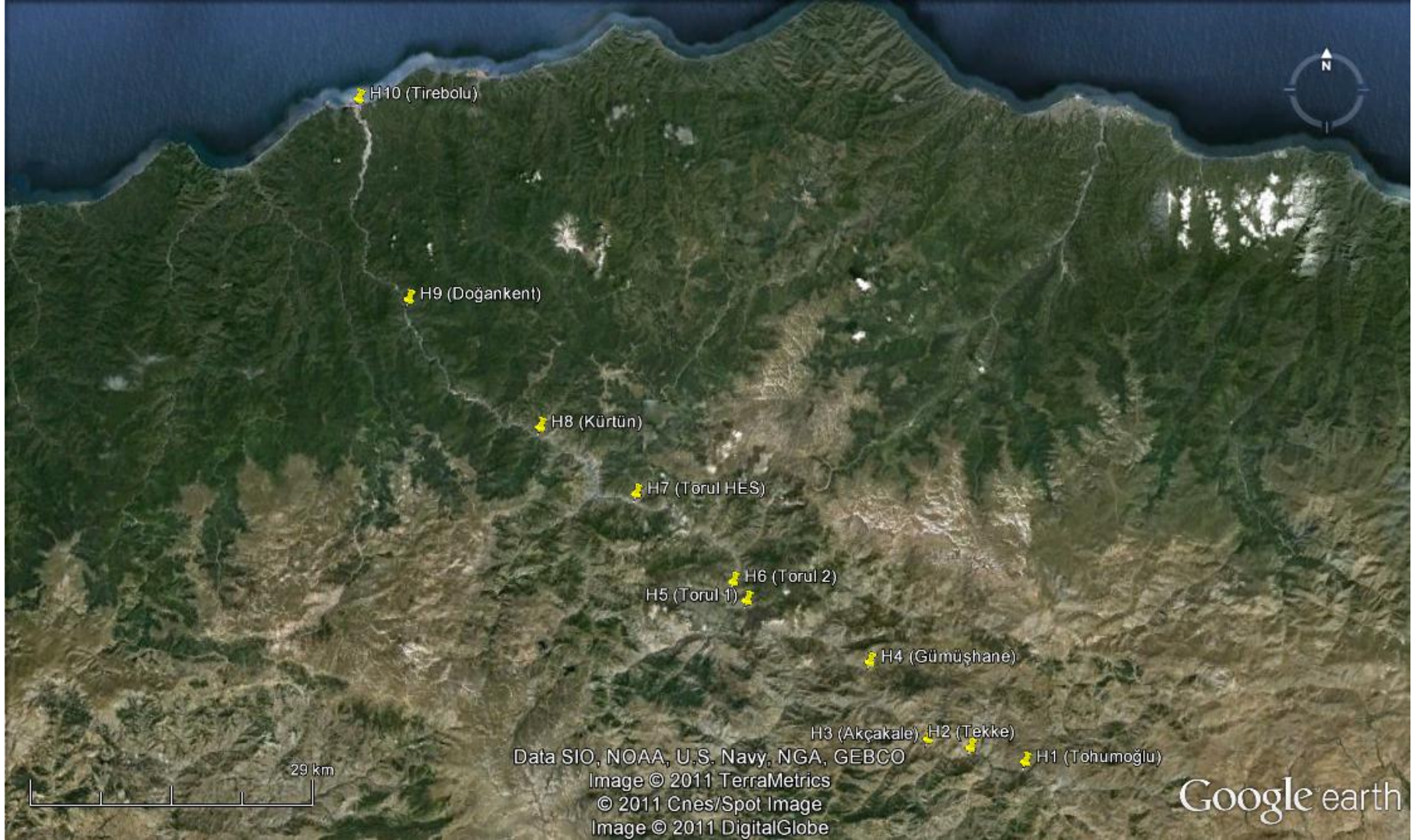
Şekil 13. Kürtün Baraj gölü ve dolu savağı (Bayram vd., 2010b)

Ülkemizde ilk defa ön yüzü beton kaplamalı kaya dolgu tipinde inşa edilen Kürtün Barajı ve HES'in temelden yüksekliği 133 m'dir (talvegden yükseklik 110 m). Gövde hacmi  $3.8 \text{ hm}^3$  olan barajın, normal su kotunda göl alanı  $2.08 \text{ km}^2$ , göl hacmi  $80.25 \text{ hm}^3$  olup (aktif hacim  $61.4 \text{ hm}^3$ )  $2686 \text{ km}^2$  yağış alanına sahiptir (Pehlivan, 2008; Bayram vd., 2010a,b,c; Bayram vd., 2011a). 80 MW kurulu gücünde iki üniteden oluşan Kürtün HES'in yılda üreteceği enerji 198 GWh'dır.

## 2.2. Gözlem İstasyonlarının Belirlenmesi

Harşit Çayı ana kol boyunca, yerinde ölçüm yapılacak ve laboratuarda analiz edilmek üzere yüzeysel ham su örnekleri alınacak gözlem istasyonlarının belirlenmesi amacıyla; ilki 08.01.2009, ikincisi 11.01.2009 ve sonuncusu 22.01.2009'da olmak üzere toplamda üç teknik gezi düzenlenmiş ve nihai yerlere karar verilmiştir. Torul Barajı'nın membaında, Harşit Çayı'nın içinden geçtiği yerleşim bölgeleri dikkate alınarak, yerleşim birimlerinin memba ve mansabında olmak üzere, Tohumoğlu (H1) mevkiinden başlanarak, Tekke (H2), Akçakale (H3), Gümüşhane (H4), Torul 1 (H5) ve Torul 2 (H6) olarak altı gözlem istasyonu belirlenmiştir. Harşit Çayı üzerindeki su yapılarının başta AKM olmak üzere diğer su kalitesi parametrelerine olan etkilerini incelemek amacıyla da Torul HES (H7), Kürtün HES (H8) ve Doğan kent HES'in (H9) mansabında olacak şekilde üç gözlem istasyonu daha belirlenmiştir. Son olarak, Harşit Çayı'nın Tirebolu'da (H10) Karadeniz'e döküldüğü bölgede bir istasyon daha seçilerek, ana kol boyunca membadan mansaba toplamda on gözlem istasyonu belirlenmiştir (Şekil 14).





Şekil 14. Gözlem istasyonlarının uydu görüntüsü (Google Earth, 2011)

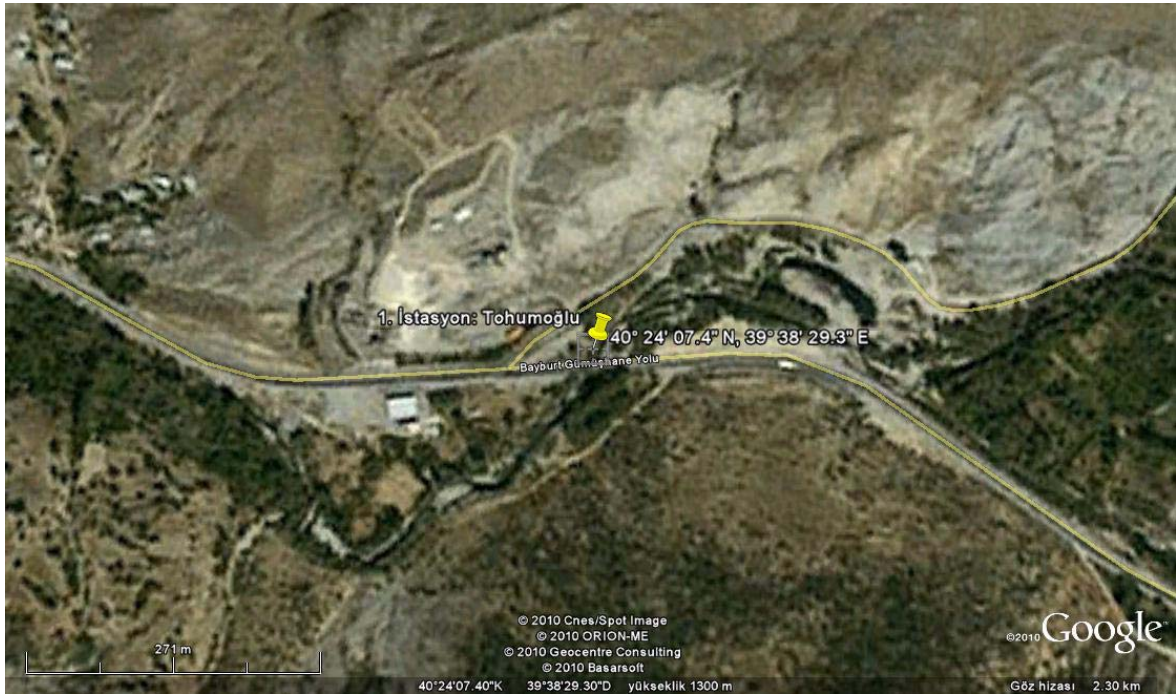


### 2.2.1. H1 İstasyonu (Tohumoğlu)

Trabzon-Erzurum karayolunun (D 885) 121. km'sinde, Arzular Deresi ile Kale Deresi'nin birleştiği noktanın hemen mansabında seçilen ilk istasyondur (Şekil 15). Bu istasyon, 1274 m kotunda ve  $40^{\circ} 24' 07.4''$  K -  $39^{\circ} 38' 29.3''$  D koordinatlarında olup (Şekil 16), Tohumoğlu köprüsünün sol tarafında bulunmakta ve adını bu köprüden almaktadır (Bayram vd., 2010b, Bayram vd., 2011a).



Şekil 15. H1 istasyonu (Tohumoğlu) genel görünümü



Şekil 16. H1 istasyonu (Tohumoğlu) uydu görüntüsü (Google Earth, 2010)

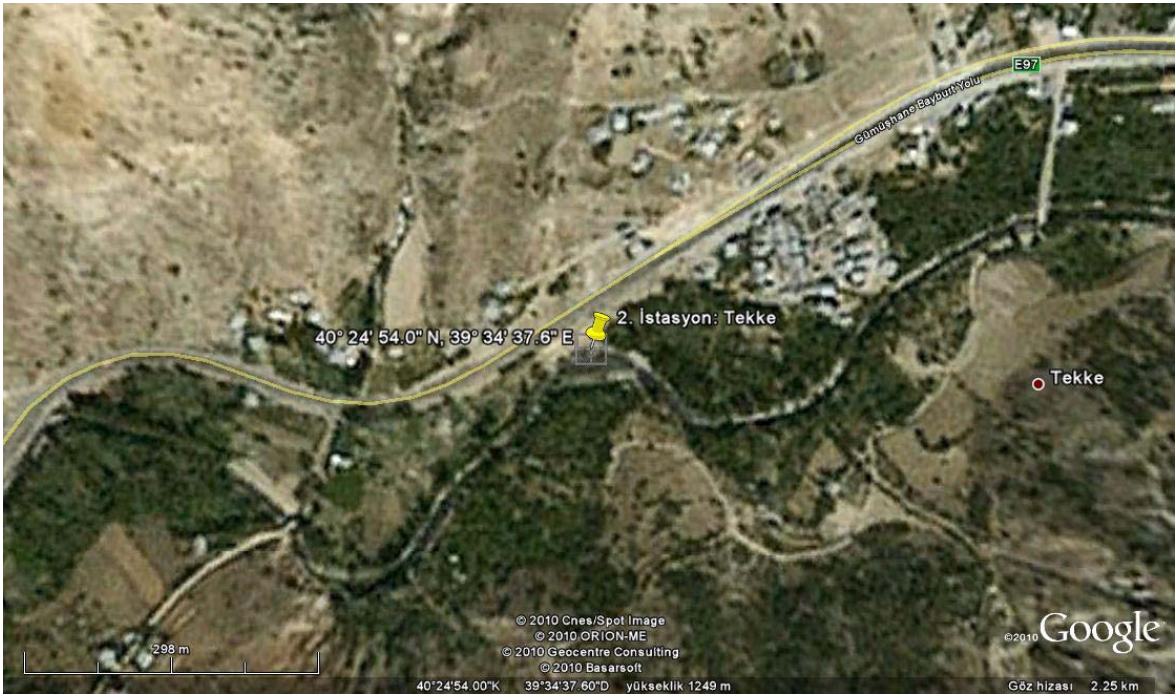


### 2.2.2. H2 İstasyonu (Tekke)

Trabzon-Erzurum karayolunun (D 885) 115. km'sinde, Tekke beldesinin mansabında seçilen ikinci istasyondur (Şekil 17). Bu istasyon, 1234 m kotunda ve  $40^{\circ} 24' 54.0''$  K -  $39^{\circ} 34' 37.6''$  D koordinatlarında olup (Şekil 18), Trabzon-Erzurum karayolunun sağ tarafında bulunmakta yer adını içinden geçmiş olduğu Tekke beldesinden almaktadır (Bayram vd., 2010b, Bayram vd., 2011a).



Şekil 17. H2 istasyonu (Tekke) genel görünümü



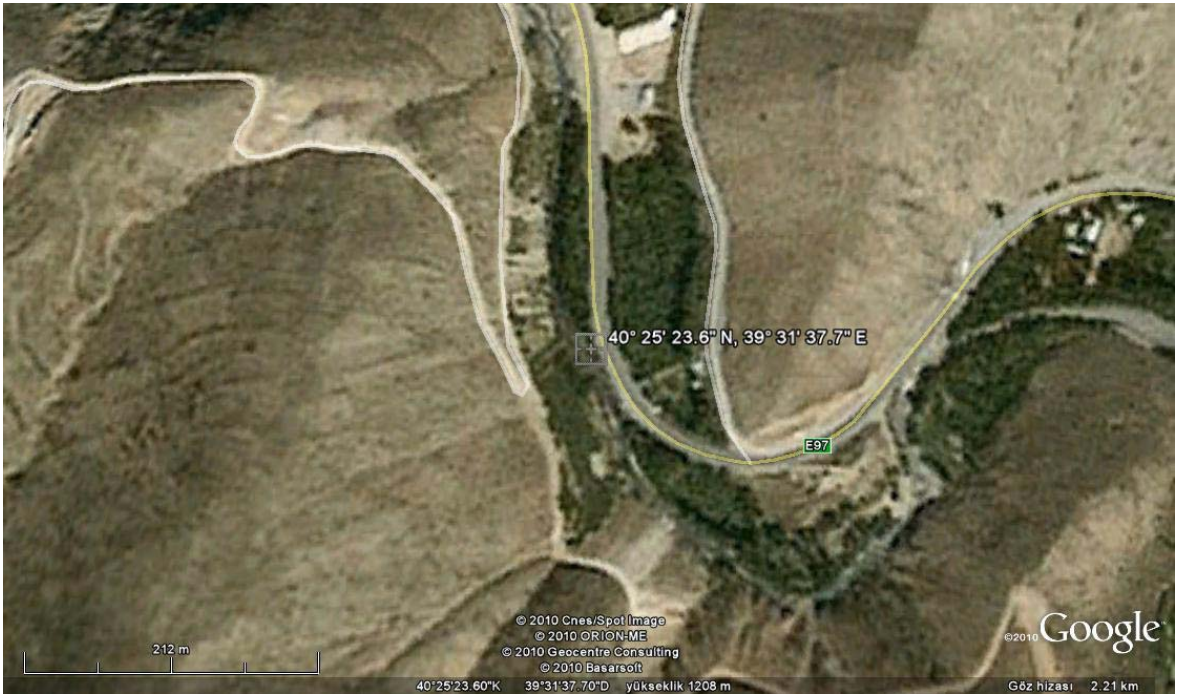
Şekil 18. H2 istasyonu (Tekke) uydu görüntüsü (Google Earth, 2010)

### 2.2.3. H3 İstasyonu (Akçakale)

Trabzon-Erzurum karayolunun (D 885) 109. km'sinde, Akçakale mevkiinde seçilen üçüncü istasyondur (Şekil 19). Bu istasyon, 1190 m kotunda ve  $40^{\circ} 25' 23.6''$  K -  $39^{\circ} 31' 37.7''$  D koordinatlarında olup (Şekil 20), Trabzon-Erzurum karayolunun sağ tarafında bulunmakta ve adını geçmekte olduğu Akçakale mevkiinden almaktadır (Bayram vd., 2011b, Bayram vd., 2011b,e).



Şekil 19. H3 istasyonu (Akçakale) genel görünümü



Şekil 20. H3 istasyonu (Akçakale) uydu görüntüsü (Google Earth, 2010)

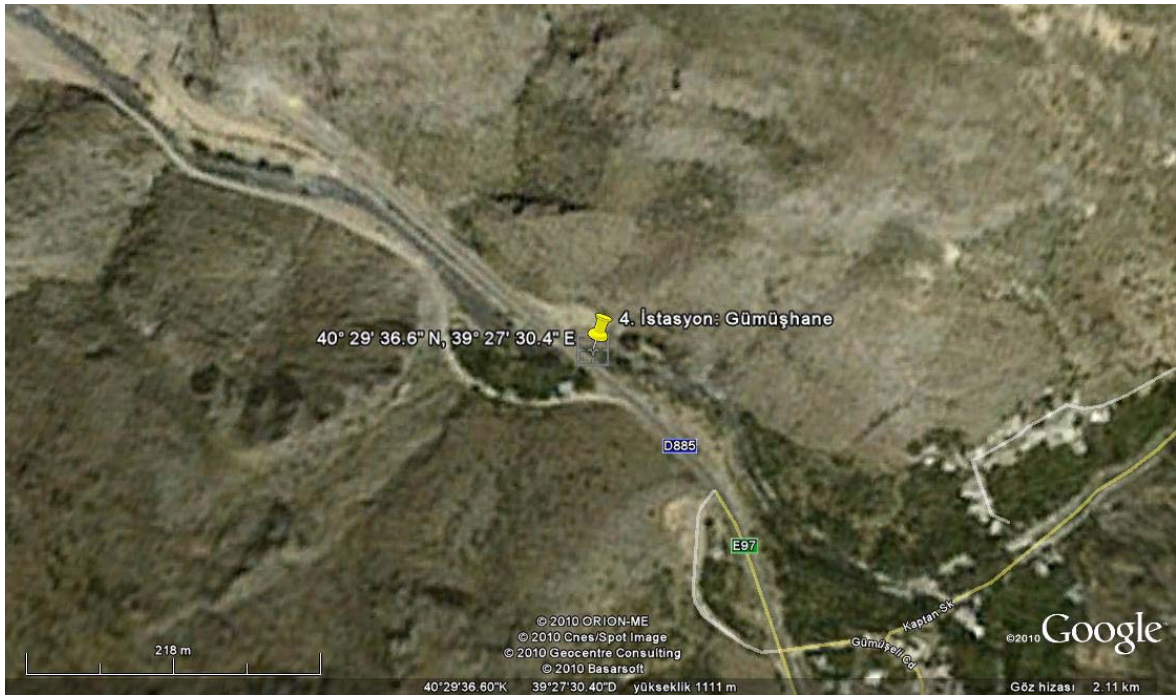


#### 2.2.4. H4 İstasyonu (Gümüşhane)

Trabzon-Erzurum karayolunun (D 885) 97. km'sinde, Gümüşhane Merkez İlçe atık sularının deşarj edildiği noktanın mansabında seçilen dördüncü istasyondur (Şekil 21). Bu istasyon, 1100 m kotunda ve  $40^{\circ} 29' 36.6''$  K -  $39^{\circ} 27' 30.4''$  D koordinatlarında olup (Şekil 22), Trabzon-Erzurum karayolunun sol tarafında bulunmakta ve adını geçmiş olduğu Gümüşhane ilinden almaktadır (Bayram vd., 201b, Bayram vd., 2011b,e).



Şekil 21. H4 istasyonu (Gümüşhane) genel görünümü



Şekil 22. H4 istasyonu (Gümüşhane) uydu görüntüsü (Google Earth, 2010)



### 2.2.5. H5 İstasyonu (Torul 1)

Trabzon-Erzurum karayolunun (D 885) 81. km'sinde, Torul İlçesi'nin membaında seçilen beşinci istasyondur (Şekil 23). Bu istasyon, 939 m kotunda ve  $40^{\circ} 32' 55.7''$  K -  $39^{\circ} 18' 52.5''$  D koordinatlarında olup (Şekil 24), Trabzon-Erzurum karayolunun sağ tarafında bulunmakta ve adını geçmekte olduğu Torul İlçesi'nden almaktadır (Bayram vd., 2011b, Bayram vd., 2011b,e).



Şekil 23. H5 istasyonu (Torul 1) genel görünümü



Şekil 24. H5 istasyonu (Torul 1) uydu görüntüsü (Google Earth, 2010)

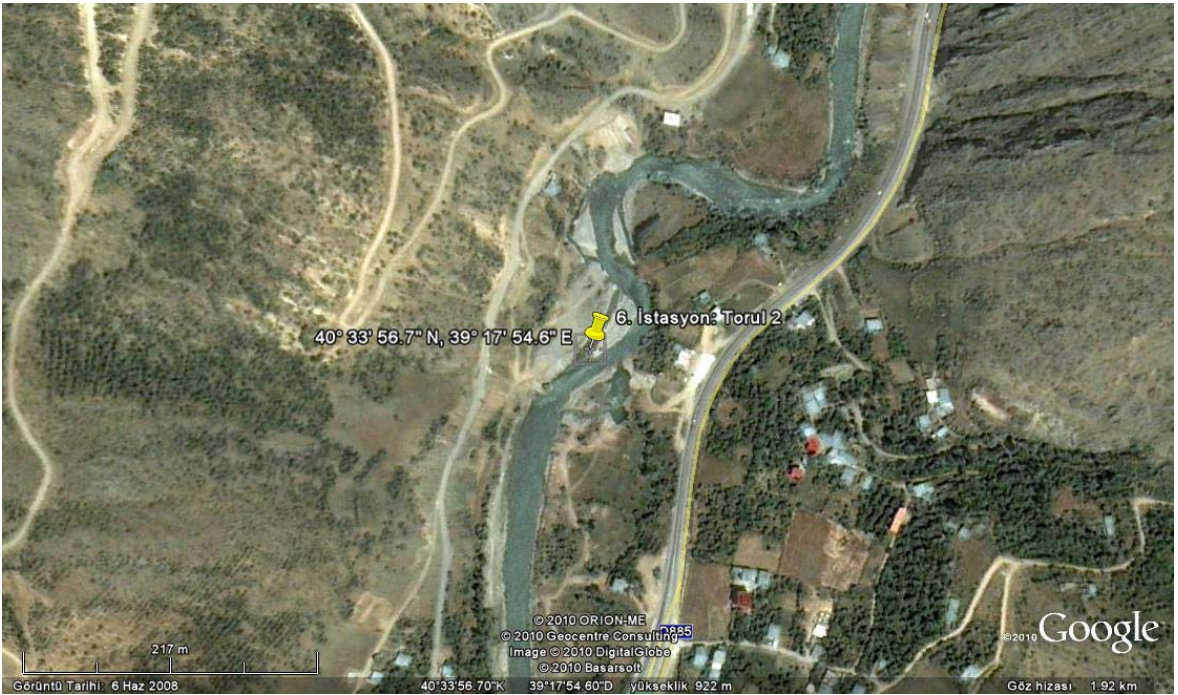


### 2.2.6. H6 İstasyonu (Torul 2)

Trabzon-Erzurum karayolunun (D 885) yaklaşık 76. km'sinde Torul İlçesi'nin mansabında seçilen altıncı istasyondur (Şekil 25). Torul Barajı'nın membaında seçilen son istasyon olup, 910 m kotunda ve  $40^{\circ} 33' 56.7''$  K -  $39^{\circ} 17' 54.6''$  D koordinatlarında olup (Şekil 26), Trabzon-Erzurum karayolunun sağ tarafında bulunmakta ve adını geçmiş olduğu Torul İlçesi'nden almaktadır (Bayram vd., 201b, Bayram vd., 2011b,e).



Şekil 25. H6 istasyonu (Torul 2) genel görünümü



Şekil 26. H6 istasyonu (Torul 2) uydu görüntüsü (Google Earth, 2010)



### 2.2.7. H7 İstasyonu (Torul HES)

Giresun-Gümüşhane (Tirebolu-Torul) karayolunun (D 877) yaklaşık 70. km'sinde, Torul HES'in mansabında seçilen yedinci istasyondur (Şekil 27). Bu istasyon, 642 m kotunda ve  $40^{\circ} 38' 41.1''$  K -  $39^{\circ} 11' 01.4''$  D koordinatlarında olup (Şekil 28), Tirebolu-Torul karayolunun sağ tarafında bulunmakta ve adını Torul HES'den almaktadır (Bayram vd., 2010a,c; Bayram vd., 2011c; Bayram ve Önsoy, 2011b).



Şekil 27. H7 istasyonu (Torul HES) genel görünümü



Şekil 28. H7 istasyonu (Torul HES) uydu görüntüsü (Google Earth, 2010)

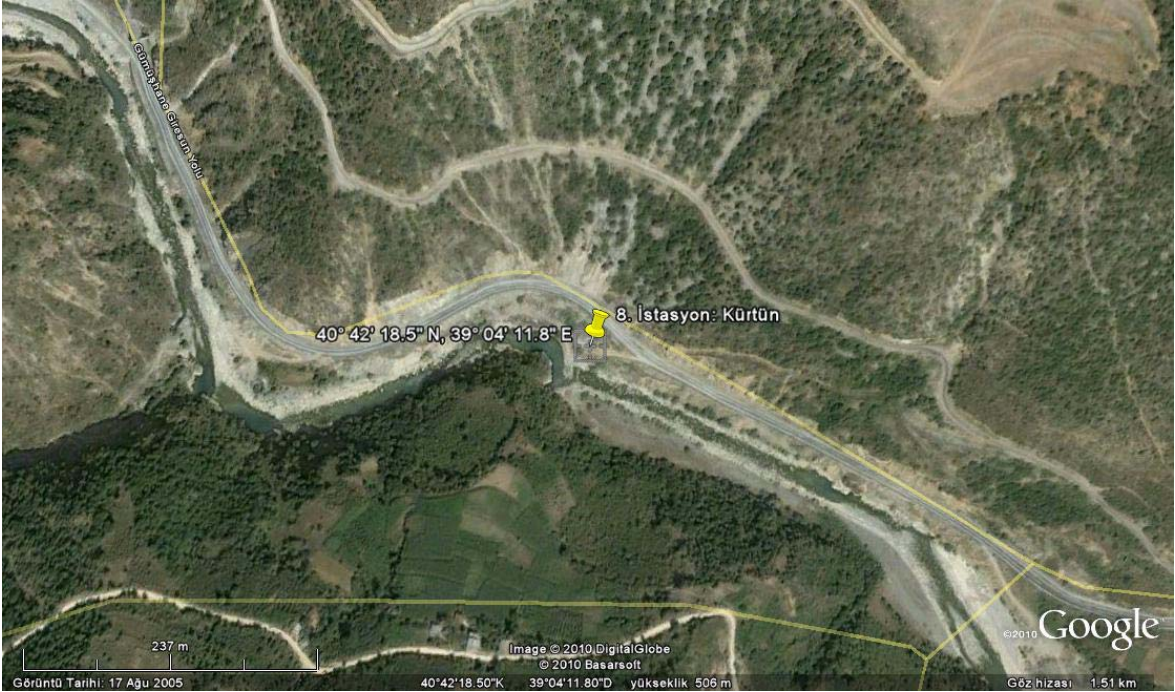


### 2.2.8. H8 İstasyonu (Kürtün)

Giresun-Gümüşhane (Tirebolu-Torul) karayolunun (D877) yaklaşık 53. km'sinde, Kürtün Barajı ve HES'in mansabında seçilen sekizinci istasyondur (Şekil 29). Bu istasyon, 497 m kotunda ve  $40^{\circ} 42' 18.5''$  K -  $39^{\circ} 04' 11.8''$  D koordinatlarında olup (Şekil 30), Tirebolu-Torul karayolunun sağ tarafında bulunmakta ve adını Kürtün İlçesi'nden almaktadır (Bayram vd., 2010a,c).



Şekil 29. H8 istasyonu (Kürtün) genel görünümü



Şekil 30. H8 istasyonu (Kürtün) uydu görüntüsü (Google Earth, 2010)

### 2.2.9. H9 İstasyonu (Doğankent)

Giresun-Gümüşhane (Tirebolu-Torul) karayolunun (D877) yaklaşık 30. km'sinde, Doğankent HES'in mansabında seçilen dokuzuncu istasyondur (Şekil 31). Bu istasyon, 154 m kotunda ve  $40^{\circ} 49' 18.6''$  K -  $38^{\circ} 54' 42.5''$  D koordinatlarında olup (Şekil 32), Tirebolu-Torul karayolunun sağ tarafında bulunmakta ve adını geçmiş olduğu Doğankent ilçesinden almaktadır (Bayram ve Önsoy, 2011a,c).



Şekil 31. H9 istasyonu (Doğankent) genel görünümü



Şekil 32. H9 istasyonu (Doğankent) uydu görüntüsü (Google Earth, 2010)

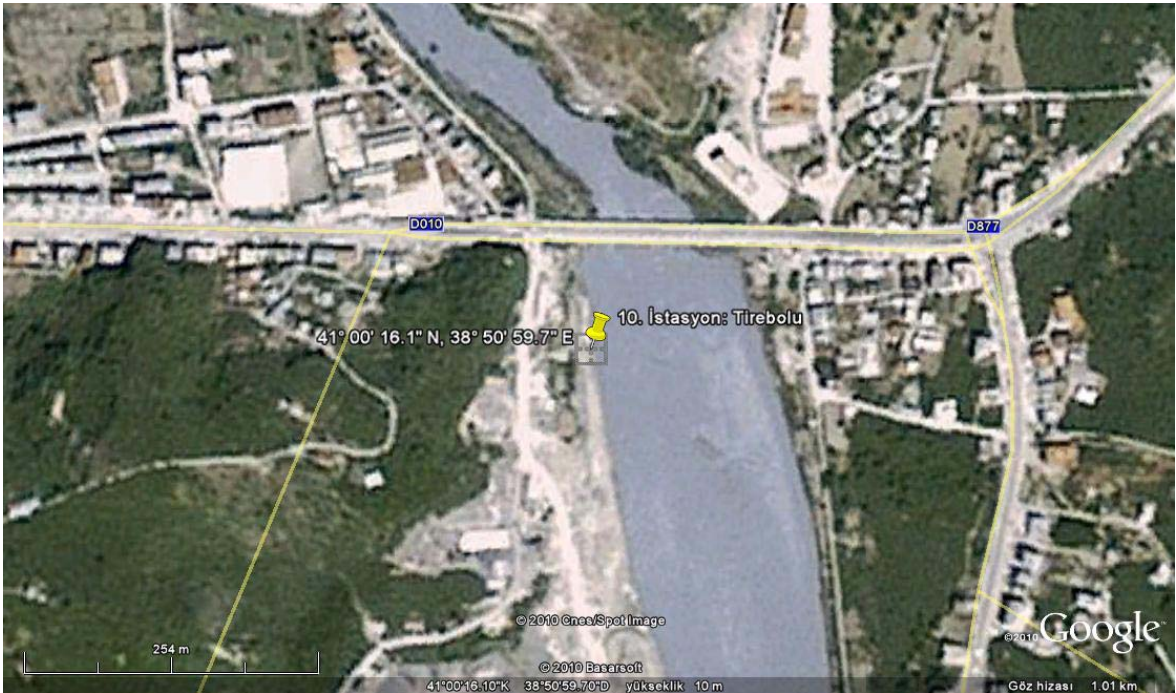


### 2.2.10. H10 İstasyonu (Tirebolu)

Trabzon-Samsun karayolunun (D010) yaklaşık 85. km'sinde, Harşit Çayı'nın Tirebolu İlçesi'nde Karadeniz'e döküldüğü yerin öncesinde seçilen son istasyondur (Şekil 33). Bu istasyon, 4 m kotunda ve  $41^{\circ} 00' 16.1''$  K -  $38^{\circ} 50' 59.7''$  D koordinatlarında olup (Şekil 39), Trabzon-Samsun karayolunun sol tarafında bulunmakta ve adını Tirebolu İlçesi'nden almaktadır (Bayram ve Önsoy, 2011a,c).

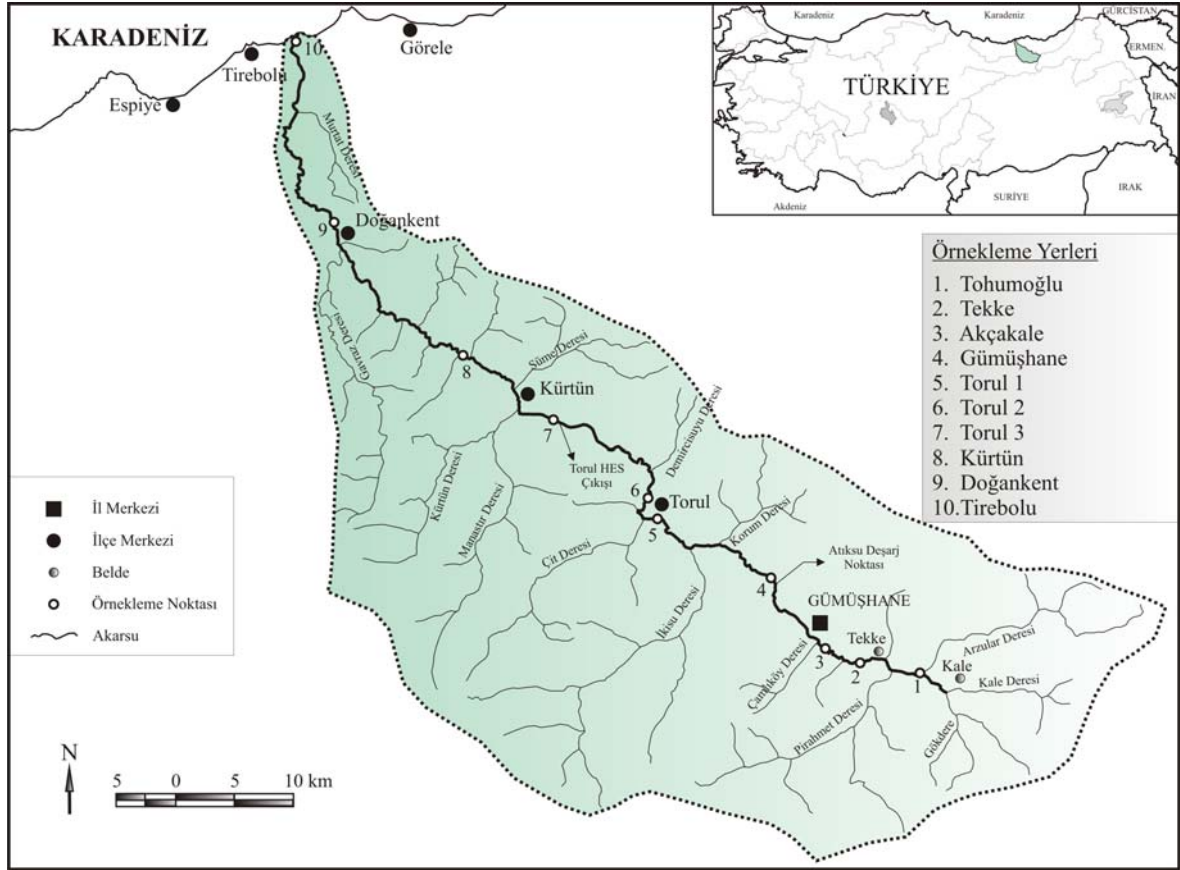


Şekil 33. H10 istasyonu (Tirebolu) genel görünümü



Şekil 34. H10 istasyonu (Tirebolu) uydu görüntüsü (Google Earth, 2010)

Harşit Çayı ana ve yan kollarının bir arada olduğu, yerinde ölçüm yapılacak ve laboratuarda analiz edilmek üzere yüzeysel ham su örnekleri alınacak istasyonları gösteren havza haritası, Şekil 35’te görülmektedir.



Şekil 35. Çalışmanın gerçekleştirildiği Harşit Çayı Havzası ve örnekleme noktaları

### 2.3. Çalışmanın Gerçekleştirildiği Dönem

Yerinde ölçüm ve yüzeysel ham su örnekleme çalışmalarına, 05.02.2009 ve 20.02.2009 tarihlerinde gerçekleştirilen iki çalışma ile başlanmıştır. İlk iki çalışma tecrübe amaçlı gerçekleştirilmiş olup çalışmanın dışında tutulmuştur. Bundan sonraki Mart-Nisan-Mayıs, Haziran-Temmuz-Ağustos, Eylül-Ekim-Kasım ve Aralık-Ocak-Şubat dönemlerini kapsayan bir yıl boyunca, 15 günlük aralıklarla düzenli olarak çalışma devam ettirilmiştir. Arazi çalışmalarının gerçekleştirildiği tarihler, Tablo 8’de verilmektedir.

Tablo 8. Çalışmanın gerçekleştirildiği dönem

| Mevsimler                            | Aylar       | Tarihler   |
|--------------------------------------|-------------|------------|
| İ<br>L<br>K                          | Mart        | 05.03.2009 |
|                                      |             | 21.03.2009 |
|                                      | B<br>A<br>H | Nisan      |
| 21.04.2009                           |             |            |
| A<br>R                               | Mayıs       | 08.05.2009 |
|                                      |             | 23.05.2009 |
|                                      | Y<br>A<br>Z | Haziran    |
| 19.06.2009                           |             |            |
| Temmuz                               |             | 12.07.2009 |
|                                      |             | 27.07.2009 |
| Ağustos                              |             | 08.08.2009 |
|                                      |             | 19.08.2009 |
| S<br>O<br>N<br>B<br>A<br>H<br>A<br>R | Eylül       | 08.09.2009 |
|                                      |             | 24.09.2009 |
|                                      | Ekim        | 08.10.2009 |
|                                      |             | 24.10.2009 |
|                                      | Kasım       | 07.11.2009 |
| 23.11.2009                           |             |            |
| K<br>I<br>Ş                          | Aralık      | 07.12.2009 |
|                                      |             | 24.12.2009 |
|                                      | Ocak        | 10.01.2010 |
|                                      |             | 23.01.2010 |
|                                      | Şubat       | 05.02.2010 |
|                                      |             | 20.02.2010 |

#### 2.4. Harşit Çayı'nda Ölçülen Su Kalite Parametreleri ve Ölçüm Prensipleri

Japon menşeli Horiba U-10 (water quality checker) isimli portatif cihaz yardımıyla yerinde; çözülmüş oksijen (mg/L), sıcaklık (°C), pH, elektriksel iletkenlik (mS/cm) ve bulanıklık (NTU) parametrelerinin ölçümü gerçekleştirilmiştir (Şekil 36). Horiba U-10, her çalışmadan önce kalibre edilmiş ve çalışma sonunda ultra saf su ile temizlenerek bir sonraki kullanıma kadar muhafaza edilmiştir. Cihazın kullanımı süresince, referans, pH ve çözülmüş oksijen problemleri, kullanım ömürlerine bağlı kalınarak yenileriyle değiştirilmiştir.





Şekil 36. Akarsuda  $\text{CO}_2$ , t, pH, Eİ ve T ölçümlerinde kullanılan Horiba U-10

Amerikan menşeli HQ 40d isimli cihaz yardımıyla da zaman zaman yerinde ölçümler (bulanıklık hariç) gerçekleştirilmiştir. Ölçüm değerleri tez çalışmasında sunulmamış, sadece Horiba U-10 isimli cihazın ölçüm sonuçlarının kontrolü amaçlanmıştır (Şekil 37).



Şekil 37. Akarsuda  $\text{CO}_2$ , t, pH ve Eİ ölçümlerinde kullanılan HQ 40 d

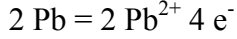
#### 2.4.1. Çözünmüş Oksijen Ölçüm Prensibi

Horiba U-10, 0-19.9 mg/L aralığında 0.01 mg/L hassasiyetle çözünmüş oksijen ölçümü yapabilmektedir. Bir soy metal (gümüş) katot yapmak için oksijen-geçirimli bir diyaframa (zar) sıkı sıkı yerleştirilir; bir temel metal (kurşun) anot olarak kullanılır. Her ikisi bir alkalın elektrolitin içerisine daldırılır. Oksijen geçirimli membranın içerisine nüfuz

eden oksijen katotda indirgeme tepkimesine (reduction reaction) neden olur; bu da dış devrede akım akışına izin verir:



Anotta, yükseltgenme tepkimesi (oxidation reaction) aşağıdaki gibi olur:



Akım, oksijen geçirimli membranın içerisine nüfuz eden oksijenin miktarıyla orantılıdır. Dolayısıyla, akımın ölçümü, bir numunedeki çözünmüş oksijeni bilindir kılmaktadır.

Bu yöntemeye dayalı çözünmüş oksijen ölçüm yöntemi membran-elektrot yöntemi olarak adlandırılmaktadır.

0.01 mg/L hassasiyetle çözünmüş oksijen ölçümü yapabilen Horiba U-10'un ölçüm aralığı 0-19.9 mg/L'dir.

#### 2.4.2. Sıcaklık Ölçüm Prensibi

0.1 °C hassasiyetle sıcaklık ölçümü yapabilen Horiba U-10'un ölçüm aralığı 0-50 °C'dir.

#### 2.4.3. pH Ölçüm Prensibi

Farklı pH değerleri olan iki sıvıyı birbirinden ayırmak için eğer ince bir cam membran kullanılırsa, bu iki pH değeri arasındaki farka oranla bir elektrik akımı meydana gelecektir. Bu elektrik akımının değeri, E(V) Nernst denkleminle gösterilmektedir:

$$E = 0.0001983T (\text{pH}_1 - \text{pH}_0) + e \quad (16)$$

Burada,

T : Sıvıların sıcaklığı,

pH<sub>1</sub> : İç sıvının pH'sı (yani, cam membranın içindeki sıvı),

pH<sub>0</sub> : Örnek sıvının pH'sı (yani, cam membranın dışındaki sıvı),

e : Asimetrik potansiyeldir.

Geleneksel bir cam elektrot, içinde  $pH = 7$  olan bir akışkan içermektedir. Eğer bu elektrot,  $pH = 7$  olan bir örneği ölçmek için kullanılırsa, asimetric potansiyel  $0 V$ 'a yakın olacaktır. Sonuç olarak, cam bir pH elektrot bir asit çözeltinin içersine batırıldığında pozitif bir elektrik akımı, oysa bir alkalın çözeltinin içersine batırıldığında ise negatif bir elektrik akımı üretilecektir.

Bir pH metrede, son derece kararlı özellikleri olan bir çift referans elektrotu kullanılmaktadır. Sadece elde edilen elektriksel potansiyel farkı ( $E$ ), membranın direnci yoluyla cam membran tarafından üretilen akım olsun diye iç elektrotlarda üretilen elektriksel potansiyelleri ( $E'$  ve  $E''$ ) birbirine göre iptal edilir, G ve R terminallerine iletilir.

pH metrelerde, iki terminal arasındaki bu gerilimin (voltaj) okuması bir amplifikatör ile gerilim artırılarak elde edilir. Gerçek uygulamada, pH metre  $pH$ 'sı bilinen standart bir referans çözelti kullanılarak önce kalibre edilir, daha sonra sıvı örneğin  $pH$ 'sı ölçülür.

0.01 pH hassasiyetle ölçüm yapabilen Horiba U-10'un ölçüm aralığı 0-14  $pH$ 'dır.

#### 2.4.4. Elektriksel İletkenlik Ölçüm Prensibi

Sudaki çözülmüş tuzlar, anyonlar ve katyonlar olarak ikiye ayrılır. Böyle bir çözelti elektrolitik çözelti olarak adlandırılır. Ohm yasasına göre, bir elektrolitik çözelti akım akışına izin veren özelliğe sahiptir. Bu özellik iyonik iletkenlik olarak adlandırılır. Çünkü mevcut akım, elektrolitik çözeltideki iyon hareketinden kaynaklanmaktadır. Diğer taraftan metaller, elektronlar aracılığıyla akım akışına izin verirler. Bu özellik iyonik iletkenlikten ayrılmakta ve elektronik iletkenlik olarak adlandırılmaktadır.

Bir elektrolitik çözeltiyi göstermek için her tarafı 1 cm olan bir küp kullanılmaktadır. İki elektrot plaka karşı karşıya yerleştirilir ve küp bir çözelti ile doldurulur. Eğer bu iki elektrot plaka arasındaki direnç  $r$  ( $\Omega$ ) ile gösterilirse, çözeltinin iletkenliği,  $L$  ( $S.cm^{-1}$ ),  $L = 1/r$ 'dir. S, iletkenlik ölçüm birimi olan Siemens'e karşılık gelmektedir.

İletkenlik ölçümü için en genel yöntem yukarıdaki prensibe dayanmaktadır ve iki elektrot yöntemi olarak adlandırılmaktadır. Bu yöntemde, bir ölçüm almak için iki elektrot plaka arasındaki alternatif akım akışına izin vermek gerekir.

Eğer bu iki elektrot plaka arasında doğrudan akım gönderilirse, o zaman elektro kaplama ya da ayrışmaya (bir başka deyişle polarizasyona) neden olacak ve bu da yanlış iletkenlik ölçümüyle sonuçlanacaktır.

0.001 mS/cm hassasiyetle elektriksel iletkenlik ölçümü yapabilen Horiba U-10'un ölçüm aralığı 0-1 mS/cm'dir.

#### **2.4.5. Bulanıklık Ölçüm Prensi**

Horiba U-10, 0-800 NTU aralığında 1 NTU hassasiyetle bulanıklık ölçümü yapabilmektedir. Cihaz mevcut birçok bulanıklık ölçüm yöntemlerinden biri olan ışık-absorpsiyon-saçınım yöntemini (light-absorption-scattering method) kullanmaktadır. Bir numune üzerindeki bir ışık demetinin parlaklığı o demetin çözelti tarafından iletilen ışık (1) ve numunedeki bulanıklık bileşenleri tarafından saçılan ışık (2) şeklinde ayrışımına neden olmaktadır. Işık-absorpsiyon-saçınım yönteminde, hem iletilen ışığın hem de saçılan ışığın yoğunluğu ayrı reseptörler kullanılarak ölçülür ve bulanıklık bu ikisinin oranı baz alınarak elde edilir.

Cihazda, ışık kaynağı atım-aydınlatma kızılötesi-emisyon diyotudur (pulse-lighting infrared-emission diode). Saçılan ışık, ışık kaynağından 30° konumlu bir noktada ölçülür.

#### **2.5. Akarsudan Ham Su örneklerinin Alınması ve Muhafazası**

Yüzeysel ham su örneklerinin alınması, muhafazası ve laboratuara nakli, standart yöntemlere uygun olarak gerçekleştirilmiştir (APHA, 1992). Su örneklerinin alınmasında, 500 ml hacimli polietilen tetraftalat (PET) numune kapları kullanılmıştır (Şekil 38). Su örneklerinin olası kirliliğini önlemek için, numune kapları önce sıcak su ve fırça yardımıyla sonra da 1 M HNO<sub>3</sub> ile temizlenmiş, son olarak da saf su ile durulanmış ve kurutulmuştur. Örnekleme sırasında, su örneklerinin alınacağı numune kapları bu kez akarsuyun suyu ile birkaç kez çalkalanmış, üzerinde hava kalmayacak şekilde doldurulmuş ve kapakları sıkıca kapatılmıştır. Her bir gözlem istasyonundan bu şekilde birbirinin yedeği toplam üç su örneği alınmıştır (Bayram ve Önsoy, 2011a,b,c; Bayram vd., 2011b,e).



Şekil 38. Yüzeysel ham su örneklerinin alındığı 500 ml hacimli PET numune kapları

Toplanan ham su örneklerinin  $+4^{\circ}\text{C}$ 'de muhafazası için buz kasetleri (ice acu) ile donatılmış büyük hacimli numune kapları kullanılmıştır (Şekil 39). Kullanılan buz kasetleri 220 ve 400 gr lık olup, derin dondurucuda  $-24^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmişlerdir. Laboratuara getirilen su örneklerinin sıcaklıkları kontrol edilmiş,  $+4^{\circ}\text{C}$ 'yi geçmedikleri ve 48 saate kadar da bu durumlarını muhafaza ettikleri anlaşılmıştır (Bayram ve Önsoy, 2011a,b,c; Bayram vd., 2011b,e).



Şekil 39. Su örneklerinin muhafazasında ve naklinde kullanılan numune kapları



## 2.6. Yüzeysel Ham Su Örneklerinin Filtre Edilmesi

Su örneklerinin laboratuarda çeşitli su kalite parametreleri için analiz edilmesinden önce filtre edilmesi gerekmektedir. AKM tayini için gözenek boyutu 1.2  $\mu\text{m}$  olan 55 mm çaplı Sartorius marka cam yünü filtreler (FT-3-1103-055), diğer parametreler içinse gözenek boyutu 0.45  $\mu\text{m}$  olan 50 mm çaplı selüloz nitrat filtreler (11306-50-N) kullanılmıştır (Şekil 40). Filtrasyon işlemi için 47 mm çaplı süzme haznesine sahip Sartorius marka vakumlu filtrasyon seti (kod no: 16307) kullanılmıştır (Şekil 41).



Şekil 40. Filtrasyon işleminde kullanılan selüloz nitrat ve cam yünü filtreler



Şekil 41. Filtre kağıtlarının kullanıldığı vakumlu filtrasyon seti

## 2.7. Laboratuarda Analizi Gerçekleştirilen Parametreler ve Analiz Prensipleri

Yüzeysel ham su örneklerinin filtre edilmemiş kısmıyla, toplam Fe ve toplam Cr, gözenek boyutu 1.2 µm olan cam yünü filtrelerden süzülmesiyle AKM, gözenek boyutu 0.45 µm olan selüloz nitrat filtrelerden süzülen kısmı ile de TH, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, TN, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P, MBAS, KOİ, TC, TIC, Al<sup>3+</sup>, Mn<sup>2+</sup> tayinleri Alman menşeli Dr. Lange Cadas 200 marka spektrofotometre ve ilgili küvet testler (kit) yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

### 2.7.1. Askıda Katı Madde (AKM) Tayini

Cam yünü filtreler kullanılmadan önce saf su ile yıkanmış, etüvde 105 °C’de kurutulmuş, kullanıma dek desikatörde muhafaza edilmiştir. Cam yünü filtre kağıtları kullanılmadan önce, 0.0001 mg hassasiyetle tartım yapabilen Sartorius marka (ED224S) analitik hassas terazi ile tartılmış, yüzeysel ham su örnekleri filtre edildikten sonra 105 °C’deki etüvde 6 saat kurutulmuş, desikatörde soğutulmuş ve yeniden analitik hassas terazide tartılmıştır. Son ağırlıktan ilk ağırlık çıkarılarak elde edilen fark örnek hacmine bölünerek mg/L cinsinden AKM konsantrasyonu belirlenmiştir.

### 2.7.2. Toplam Sertlik (TH) Tayini

Tayinin temel prensibi, numunedeki kalsiyum ve magnezyum iyonlarının menekşe renkli ftalein kompleksini oluşturmasıdır. Oluşan bu renkli kompleks 10 mm’lik bir küvette, uv-vıs spektrofotometrede (Dr Lange Cadas 200) 572 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Tayinin bu yöntemle yapılabilmesi için numunenin pH’sı 4-9 arasında, sıcaklığı ise 15-25 °C’de tutulmuştur.

### 2.7.3. Amonyum Azotu (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) Tayini

Tayinin temel ilkesi, amonyum iyonlarının pH=12.6’da nitroprusid katalizörlüğünde hipoklorit iyonları ve salisilat iyonları ile reaksiyon vererek indo fenol mavisi rengini oluşturmasıdır. Oluşan bu renkli bileşik 694 nm dalga boyunda 10 mm’lik bir küvette uv-vıs spektrofotometrede (Dr Lange Cadas 200) ölçülmektedir. Tayinin bu yöntemle yapılabilmesi için numunelerin pH’sı 4-9 arasında, sıcaklığı ise 20 °C’de tutulmaktadır.

#### 2.7.4. Nitrit Azotu ( $\text{NO}_2^-$ -N) Tayini

Tayinin temel ilkesi, nitritlerin asidik bir ortamda primer aromatik aminlerle diazonyum tuzlarını oluşturmasıdır. Nitritler, amino veya hidroksil gruplarını içeren aromatik bileşiklerle kırmızımsı eflatun renkte azo boyalarını oluştururlar. Oluşan bu renkli bileşikler 515 nm dalga boyunda 50 mm'lik bir plastik küvette uv-vis spektrofotometrede (Dr Lange Cadas 200) ölçülmektedir. Tayinin bu yöntemle yapılabilmesi için numunelerin pH'sı 3-10 arasında, sıcaklığı ise 15-25°C'de tutulmaktadır.

#### 2.7.5. Nitrat Azotu ( $\text{NO}_3^-$ -N) Tayini

Tayinin temel ilkesi, nitrat iyonlarının sülfürik asit ve fosforik asitli ortamda 2.6-dimetilfenol ile reaksiyona girerek pembe renkli 4-nitro-2.6 dimetilfenol'u oluşturması esasına dayanmaktadır (Yalçın ve Gürü, 2002). Oluşan bu renkli bileşik, 10 mm'lik bir küvet ile uv-vis spektrofotometrede (Dr Lange Cadas 200) 370 nm dalga boyunda ölçülmektedir. Tayinin bu yöntemle yapılabilmesi için numunelerin pH'sı 3-10 arasında, sıcaklığı ise 20-24 °C'de tutulmuştur.

#### 2.7.6. Toplam Azot (TN) Tayini

Organik ve inorganik olarak bağlı azot peroksidisülfat ile sindirimi sonucunda nitrate oksitlenir. Nitrat iyonları nitro fenol oluşturmak için sülfirik ve fosforik bir asit çözeltide 2.6 dimetil fenol ile reaksiyona girer. Ölçüm 10 mm'lik bir küvet ile uv-vis spektrofotometrede (Dr Lange Cadas 200) 370 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir. Tayinin bu yöntemle yapılabilmesi için numunelerin pH'sı 3-12 arasında, sıcaklığı ise 15-25 °C'de tutulmuştur.

#### 2.7.7. Toplam Kjeldahl Azotu (TKN) Tayini

Toplam Kjeldahl azotu doğrudan tayin edilmeyip, elde edilen toplam azot değerlerinden nitrit azotu ve nitrat azotu değerleri çıkarılarak ayrıca hesap edilmiştir.

### 2.7.8. Ortofosfat Fosforu ( $PO_4^{3-}$ -P) Tayini

Tayinin temel ilkesi, fosfat iyonlarının asidik bir çözeltide molibdat ve antimon iyonlarıyla reaksiyon vererek antimon fosfomolibdat kompleksini oluşturmaya dayanır. Bu kompleks askorbik asit tarafından fosfo molibdenyum mavisine dönüştürülmüş ve bu oluşan renkli bileşik 850 nm dalga boyunda, 10 mm'lik bir küvette uv-vıs spektrofotometrede (Dr Lange Cadas 200) ölçülmüştür. Tayinin bu yöntemle yapılabilmesi için numunenin pH'sı 2-10 arasında, sıcaklığı ise 15-25°C'de tutulmuştur.

### 2.7.9. Anyonik Yüzey Aktif Madde (MBAS) Tayini

Tayinin temel ilkesi, anyonik yüzey aktif maddelerin metilen mavisine reaksiyona girerek kloroform fazına ekstrakte edilebilen kompleksler oluşturmaya dayanmaktadır. Oluşan renkli kloroform fazının 10 mm'lik bir küvette ile uv-vıs spektrofotometrede (Dr Lange Cadas 200) 653 nm dalga boyunda ölçümü gerçekleştirilmektedir. Tayinin bu yöntemle yapılabilmesi için numunenin pH'sı 4-9 arasında, sıcaklığı ise 22 °C'de tutulmuştur.

### 2.7.10. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Tayini

Oksitlenebilen maddeler, bir katalizör olarak gümüş sülfat varlığında sülfirik asit-potasyum dikromat çözeltisi ile reaksiyona girer. Klorür, cıva sülfat tarafından maskelenir.  $Cr^{6+}$ 'nın sarı rengindeki azalma değerlendirilir.

Önce termostat 148 °C'ye getirilir, daha sonra hazırlanan 10 mm'lik küvetler termostata yerleştirilir ve 120 dk'lık reaksiyon süresi başlatılır. Süre sonunda termostattan çıkarılan küvetlerin oda sıcaklığına gelmeleri beklenir (yaklaşık 25 dk).

### 2.7.11. Toplam Organik Karbon (TOC) Tayini

Toplam karbon (TC) ve toplam inorganik karbon, sırasıyla oksidasyon ve asitleştirme yoluyla karbon dioksit ( $CO_2$ ) dönüştürülür.  $CO_2$  bir membran yoluyla sindirim küvetinden indikatör küvetine geçer. İndikatörün renk değişimi fotometrik olarak değerlendirilir. Toplam organik karbon (TOC) TC ve TIC arasındaki fark olarak belirlenir.

Ölçümler, 435 nm dalga boyunda 10 mm'lik bir küvette uv-vıs spektrofotometrede (Dr Lange Cadas 200) yapılmıştır. Tayinin bu yöntemle yapılabilmesi için numunenin pH'sı 4-10 arasında, sıcaklığı ise 15-25 °C'de tutulmuştur.

#### **2.7.12. Alüminyum (Al<sup>3+</sup>) Tayini**

Tayinin temel prensibi, chromazurol S'in alüminyum ile zayıf asidik asetat tamponlu çözeltilerde yeşil renkli bir lal (green coloured lake) oluşturmasıdır. Oluşan bu renkli kompleks 10 mm'lik bir küvette, uv-vıs spektrofotometrede (Dr Lange Cadas 200) 620 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Tayinin bu yöntemle yapılabilmesi için numunenin pH'sı 2.5-3.5 arasında, sıcaklığı ise 20 °C'de tutulmuştur.

#### **2.7.13. Mangan (Mn<sup>2+</sup>) Tayini**

İki değerlikli mangan iyonları kırmızı renkli bir kompleks oluşturmak için amonyaklı bir çözeltide formaldoksim ile reaksiyona girer. Oluşan bu kompleks, 50 mm'lik bir plastik küvette ile (LZP 341), uv-vıs spektrofotometrede (Dr Lange Cadas 200) 450 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Tayinin bu yöntemle yapılabilmesi için numunelerin pH'sı 3-10 arasında, sıcaklığı ise 15-25°C'de tutulmuştur.

#### **2.7.14. Toplam Demir (Fe) Tayini**

İki değerlikli demir iyonları 1.10-fenantrolin ile portakal kırmızısı bir kompleks oluşturur. Su örneğinde mevcut herhangi bir üç değerlikli demir iyonları, kompleks oluşmadan önce askorbik asit tarafından iki değerlikli demir iyonlarına indirgenir. Ölçüm, 10 mm'lik bir küvette ile uv-vıs spektrofotometrede (Dr Lange Cadas 200) 485 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir. Tayinin bu yöntemle yapılabilmesi için numunenin pH'sı 3-10 arasında, sıcaklığı ise 15-25 °C'de tutulmuştur.

#### **2.7.15. Toplam Krom (Cr) Tayini**

Altı değerlikli krom iyonları ile kırmızı bir kompleks oluşturan 1.5-difenilkarbazon oluşturmak için, altı değerlikli krom iyonları 1.5-difenilkarbazit ile reaksiyon vermektedir.

Ölçüm, 10 mm'lik bir küvet ile uv-vis spektrofotometrede (Dr Lange Cadas 200) 543 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir. Tayinin bu yöntemle yapılabilmesi için numunenin pH'sı 3-9 arasında, sıcaklığı ise 15-35 °C'de tutulmuştur.

## 2.8. Regresyon Analizleri

Arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler kullanılarak yapılan regresyon analizleri ile AKM konsantrasyonunu belirleyen denklemler kurulmuştur.

AKM konsantrasyonunu belirlemek için farklı bağımsız değişkenlerin kullanıldığı toplam yedi denklem elde edilmiştir. Regresyon analiz türüne karar vermek için, lineer, logaritmik, ters, üs, bileşik, S, artış ve üstel fonksiyon türleri kullanılmıştır. Tek bağımsız değişken durumunda bu fonksiyonlara ikinci dereceden ve kübik fonksiyonlar da eklenmiştir. En küçük hata değerini veren fonksiyonlar uygun fonksiyon olarak seçilmiştir. Seçilen fonksiyon türlerinin ayrıntıları aşağıda verilmektedir.

### 2.8.1. Artış Fonksiyonu

Artış fonksiyonu için aranan denklem türü aşağıda verilmektedir:

$$y = \exp(b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4 + \dots + b_n \cdot x_n) \quad (17)$$

Denklemden; y bağımlı değişkeni,  $x_1, x_2, \dots, x_n$  bağımsız değişkenleri,  $b_0, b_1, \dots, b_n$  regresyon katsayılarını, n ise bağımsız değişken sayısını göstermektedir.

### 2.8.2. Üs Fonksiyonu

Üs fonksiyonu için aranan denklem türü aşağıda verilmektedir:

$$y = b_0 \cdot x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot x_3^{b_3} \cdot x_4^{b_4} \cdot \dots \cdot x_n^{b_n} \quad (18)$$

### 2.8.3. Kübik Fonksiyon

Kübik fonksiyon için aranan denklem türü aşağıda verilmektedir:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_1^2 + b_3 \cdot x_1^3 \quad (19)$$

### 2.9. YSA Model Çalışmaları

Yapay zeka tekniklerinden biri olan yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. Teknik olarak bir yapay sinir ağının en temel görevi, kendisine gösterilen bir girdi takımına karşılık gelebilecek bir çıktı takımı belirlemektir. Bunu yapabilmesi için ağ, ilgili olayın örnekleri ile eğitilerek (öğrenme) genelleme yapabilecek yeteneğe kavuşturulur. Bu genelleme ile benzer olaylara karşılık gelen çıktı takımları belirlenir (Öztemel, 2006).

YSA modeli, arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler kullanılarak tasarlanmıştır. YSA modelinde veriler eğitim, deneme ve doğrulama veri takımı olarak üç bölüme ayrılmıştır. İlk altı istasyondan on beş gün aralıklarla yapılan yirmi iki çalışmadan (Nisan 2009-Şubat 2010) elde edilen toplam 132 veri takımının, 96 adeti modelin eğitiminde, 24 adeti denenmesinde ve 12 adeti ise model sonuçlarının doğrulanmasında kullanılmıştır. Deneme ve doğrulama için ayrılan veriler seçilirken, seçilen verilerin tüm istasyonları temsil etmesine ve eğitim aşamasına olumsuz etki etmemesine dikkat edilmiştir.

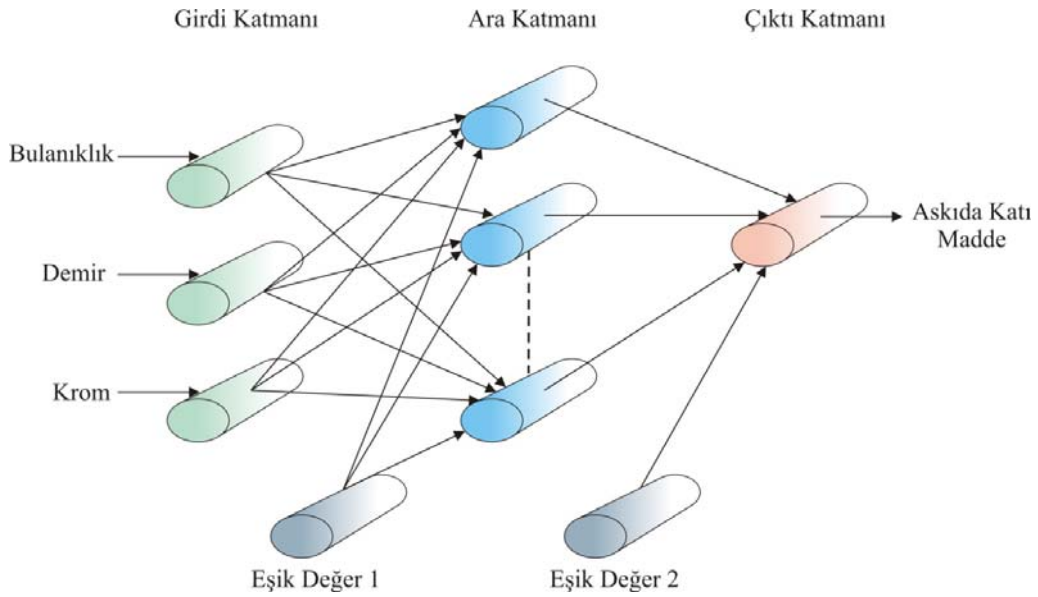
#### 2.9.1. YSA Modelinin Yapısı

Bu çalışmada kullanılan ÇKA modelinde; girdi katmanı, ara katmanlar ve çıktı katmanı olmak üzere üç katman mevcuttur. Girdi katmanında kullanılan değişkenler model durumlarına göre Tablo 9'da verilmektedir. Farklı girdi katmanı durumları için yedi adet model oluşturulmuştur. Ara katman sayısı ise bir olarak seçilmiştir. Çıktı katmanındaki eleman sayısı ise tektir.

Tablo 9. Farklı girdi katmanı durumları için oluşturulan modeller

| Model No | Giriş katmanında kullanılan değişken    | Giriş katmanında kullanılmayan değişken |
|----------|---|---|
| 1        | Bulanıklık                              | Toplam krom ve toplam demir             |
| 2        | Toplam krom                             | Bulanıklık ve toplam demir              |
| 3        | Toplam demir                            | Bulanıklık ve toplam krom               |
| 4        | Toplam demir ve toplam krom             | Bulanıklık                              |
| 5        | Bulanıklık ve toplam krom               | Toplam demir                            |
| 6        | Bulanıklık ve toplam demir              | Toplam krom                             |
| 7        | Bulanıklık, toplam demir ve toplam krom |   |

Model 7 için oluşturulan YSA modelinin mimarisi Şekil 42’de verilmektedir.



Şekil 42. Model 7 için YSA mimarisi

### 2.9.2. YSA Modelinin Girdileri

YSA modeli oluşturulurken; 132 adet veri eğitim takımında, 24 adet veri deneme takımında ve 12 adet veri de doğrulama takımında kullanılmıştır. Deneme ve doğrulama takımlarında kullanılan veriler Tablo 10’da verilmektedir.



Tablo 10. Deneme ve doğrulama takımında kullanılan örnekler

| Deneme Takımı     |                   | Doğrulama Takımı  |                   |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| İstasyon-Örnek No | İstasyon-Örnek No | İstasyon-Örnek No | İstasyon-Örnek No |
| H1-03             | H4-04             | H1-07             | H4-07             |
| H1-10             | H4-11             | H1-14             | H4-14             |
| H1-17             | H4-20             |                   |                   |
| H1-24             | H4-23             |                   |                   |
| H2-06             | H5-06             | H2-04             | H5-08             |
| H2-15             | H5-11             | H2-21             | H5-22             |
| H2-17             | H5-18             |                   |                   |
| H2-23             | H5-23             |                   |                   |
| H3-04             | H6-07             | H3-08             | H6-18             |
| H3-07             | H6-11             | H3-18             | H6-22             |
| H3-12             | H6-21             |                   |                   |
| H3-22             | H6-24             |                   |                   |

Bu çalışmada, AKM konsantrasyonunu tahmin etmek için, Torul Barajı membaında seçilen toplam altı istasyonda, yerinde belirlenen bulanıklık parametresi ile analizi laboratuarda gerçekleştirilen toplam demir ve toplam krom parametrelerinin farklı çalışmalar için değerleri YSA modelinde girdi olarak verilmektedir.

YSA modelinde girdi katmanı ile ara katman arasında işlemci fonksiyonu olarak tanjant sigmoid fonksiyonu, ara katman ile çıktı katmanı arasında ise doğrusal fonksiyon kullanılmıştır. Öğrenme hızını arttırmak için girdi ve çıktı katmanlarındaki veriler 0.1 ile 0.9 arasında normalize edilmiştir. Normalize işlemi şu şekilde yapılmaktadır:

$$\text{Normalize değer} = \left[ \frac{\text{Gerçek değer} - \text{En küçük değer}}{\text{En büyük değer} - \text{En küçük değer}} \right] \times (0.9 - 0.1) + 0.1 \quad (20)$$

YSA'dan elde edilen sonuçları değerlendirebilmek için normalize işlemi tersine çevrilmiştir.

### 2.9.3. YSA Modelinin Eğitimi

YSA modelinde en iyi sonucu elde edebilmek için birçok işlem yapılabilmektedir. Bunlardan bazıları; ara katman sayısını arttırmak, ara katmanlardaki eleman sayısını arttırıp azaltmak, iterasyon sayısını arttırmak ve öğrenme ve momentum katsayılarını değiştirmektir. Bu işlemlerle ilgili kabul görmüş bir yöntem bulunmamaktadır. Bu çalışmada kullanılan YSA modelinde en iyi sonuca ulaşabilmek için bir ara katman, dört farklı ara katman eleman sayısı ve beşer farklı öğrenme ( $\gamma$ ) ve momentum katsayısı ( $\eta$ ) kullanılmıştır (Tablo 11). Ağ eğitiminde en büyük yineleme sayısı 20000 olarak seçilmiştir.

YSA modelinde ara katman sayısında, ara katmalarda kullanılan eleman sayılarında, öğrenme ve momentum katsayılarında ve iterasyon sayısında başka değişik durumlar da denenebilmektedir. Ancak değişik durumların denenmesi, eğitim için harcanan zamanın artmasına neden olmaktadır. Bu durum göz önüne alınarak, ağ eğitiminde Tablo 11’de verilen değişkenler kullanılmıştır.

Tablo 11. Farklı YSA mimarileri için kullanılan değişkenler

| Ara katmanda bulunan eleman sayısı | Öğrenme katsayısı ( $\gamma$ ) | Momentum katsayısı ( $\eta$ ) |
|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 2                                  | 0.10                           | 0.10                          |
| 3                                  | 0.25                           | 0.25                          |
| 5                                  | 0.50                           | 0.50                          |
| 8                                  | 0.75                           | 0.75                          |
|                                    | 1.00                           | 1.00                          |

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Arazi ve Laboratuvar Çalışmalarından Elde Edilen Bulgular

Bu bölümde, Harşit Çayı ana kol boyunca membada mansaba doğru seçilen on gözlem istasyonunda, Mart 2009 ile Şubat 2010 arasındaki dönemi kapsayan bir yıl boyunca, on beş gün aralıklarla toplamda yirmi dört kez yerinde gerçekleştirilen ÇO, t, pH, Eİ ve T ölçümleri ile laboratuvarda gerçekleştirilen AKM, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, TKN, TN, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P, MBAS, KOİ, TH, TOC, Mn<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, T Fe ve T Cr analizleri sonucunda elde edilen bulgular, her bir istasyon için mevsimsel olarak, en küçük değer, en büyük değer, ortalama değer ve standart sapma (SS) şeklinde, sırasıyla Tablo 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 ve 21’de verilmektedir.

Korelasyon katsayısı (R) iki değişken arasındaki ilişkiyi göstermek için yaygın kullanılan bir ölçüdür. Yerinde ve laboratuvarda yapılan ölçümler ve analizler neticesinde elde edilen veriler, SPSS (Statistical Package for Social Sciences) bilgisayar programı kullanılarak analiz edildi. Su kalite parametrelerinin her bir istasyonda elde edilen değerlerinin korelasyon matrisleri, sırasıyla Tablo 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 ve 31’de verilmektedir.

AKM konsantrasyonunu tahmin etmek için RA ve YSA olmak üzere iki farklı analiz yöntemi kullanılmıştır. Analizlerde, bulanıklık, toplam Fe ve toplam Cr model girdisi olarak kullanılmıştır. Analizlerde farklı girdi değişkenlerine sahip yedi adet model kurulmuştur. YSA modelinde deneme ve doğrulama takımlarında kullanılan veriler için elde edilen hata değerleri verilmiş ve RA sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 12. Su kalite parametrelerinin H1 (Tohumoğlu) istasyonunda mevsimsel (Mart 2009 - Şubat 2010) değişimini

| Parametre                               | İlkbahar |              |       |       | Yaz   |              |       |       | Sonbahar |              |       |       | Kış   |              |       |       |
|---|----------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|----------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|
|   | Min.     | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.  | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.     | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.  | Ort.         | Mak.  | SS    |
| ÇO (mg/L)                               | 10.03    | <b>10.96</b> | 12.46 | 0.82  | 8.39  | <b>8.90</b>  | 9.67  | 0.44  | 9.79     | <b>10.54</b> | 11.52 | 0.61  | 10.18 | <b>10.84</b> | 11.46 | 0.44  |
| t (°C)                                  | 2.5      | <b>6.2</b>   | 10.1  | 3.1   | 12.4  | <b>14.7</b>  | 16.9  | 1.9   | 5.1      | <b>10.3</b>  | 17.2  | 4.2   | 2.1   | <b>4.0</b>   | 5.2   | 1.2   |
| pH                                      | 7.28     | <b>7.71</b>  | 8.05  | 0.30  | 7.02  | <b>7.25</b>  | 7.47  | 0.20  | 7.05     | <b>7.59</b>  | 7.83  | 0.28  | 6.93  | <b>7.84</b>  | 8.38  | 0.63  |
| Eİ mS/cm                                | 0.135    | <b>0.230</b> | 0.378 | 0.101 | 0.197 | <b>0.356</b> | 0.460 | 0.100 | 0.216    | <b>0.293</b> | 0.461 | 0.090 | 0.248 | <b>0.279</b> | 0.313 | 0.032 |
| T (NTU)                                 | 7        | <b>174</b>   | 672   | 255   | 3     | <b>188</b>   | 999   | 398   | 3        | <b>188</b>   | 532   | 205   | 4     | <b>91</b>    | 394   | 153   |
| AKM (mg/L)                              | 3.8      | <b>120.6</b> | 544   | 210.2 | 7.4   | <b>86.0</b>  | 440.4 | 173.9 | 10.2     | <b>69.9</b>  | 199.2 | 70.3  | 5.4   | <b>39.6</b>  | 139.0 | 52.2  |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)  | 0.000    | <b>0.005</b> | 0.018 | 0.007 | 0.000 | <b>0.003</b> | 0.014 | 0.006 | 0.001    | <b>0.005</b> | 0.017 | 0.006 | 0.000 | <b>0.002</b> | 0.008 | 0.003 |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)  | 0.160    | <b>0.242</b> | 0.383 | 0.099 | 0.043 | <b>0.217</b> | 0.392 | 0.134 | 0.200    | <b>0.375</b> | 0.828 | 0.236 | 0.175 | <b>0.320</b> | 0.504 | 0.123 |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/L)  | 0.018    | <b>0.063</b> | 0.146 | 0.048 | 0.057 | <b>0.118</b> | 0.248 | 0.078 | 0.082    | <b>0.133</b> | 0.240 | 0.056 | 0.054 | <b>0.093</b> | 0.149 | 0.039 |
| TKN (mg/L)                              | 0.750    | <b>0.912</b> | 0.999 | 0.092 | 0.829 | <b>0.989</b> | 1.268 | 0.174 | 0.563    | <b>0.795</b> | 1.127 | 0.219 | 0.515 | <b>0.583</b> | 0.640 | 0.046 |
| TN (mg/L)                               | 0.910    | <b>1.158</b> | 1.400 | 0.165 | 0.890 | <b>1.208</b> | 1.530 | 0.275 | 0.820    | <b>1.175</b> | 1.570 | 0.286 | 0.690 | <b>0.905</b> | 1.130 | 0.159 |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P (mg/L) | 0.080    | <b>0.225</b> | 0.810 | 0.288 | 0.088 | <b>0.102</b> | 0.119 | 0.012 | 0.104    | <b>0.109</b> | 0.117 | 0.006 | 0.090 | <b>0.101</b> | 0.124 | 0.012 |
| MBAS (mg/L)                             | 0.025    | <b>0.199</b> | 0.416 | 0.171 | 0.000 | <b>0.155</b> | 0.649 | 0.247 | 0.000    | <b>0.185</b> | 0.656 | 0.246 | 0.000 | <b>0.193</b> | 0.556 | 0.218 |
| KOİ (mg/L)                              | 2.43     | <b>4.17</b>  | 5.46  | 1.26  | 1.32  | <b>4.33</b>  | 7.89  | 2.53  | 2.77     | <b>4.84</b>  | 7.69  | 1.91  | 2.05  | <b>4.88</b>  | 8.10  | 3.47  |
| TH (°dH)                                | 3.75     | <b>6.54</b>  | 10.40 | 2.81  | 5.93  | <b>10.83</b> | 14.20 | 3.24  | 8.86     | <b>11.22</b> | 14.30 | 2.11  | 9.47  | <b>9.97</b>  | 10.50 | 0.45  |
| TOC (mg/L)                              | 1.66     | <b>3.28</b>  | 4.62  | 1.08  | 2.58  | <b>4.70</b>  | 7.33  | 1.86  | 1.50     | <b>2.85</b>  | 5.69  | 1.53  | 0.04  | <b>1.39</b>  | 3.58  | 1.33  |
| Mn <sup>2+</sup> (mg/L)                 | 0.007    | <b>0.113</b> | 0.379 | 0.136 | 0.020 | <b>0.071</b> | 0.212 | 0.072 | 0.032    | <b>0.076</b> | 0.108 | 0.028 | 0.019 | <b>0.059</b> | 0.175 | 0.059 |
| Al <sup>3+</sup> (mg/L)                 | 0.011    | <b>0.053</b> | 0.149 | 0.055 | 0.000 | <b>0.006</b> | 0.031 | 0.012 | 0.014    | <b>0.046</b> | 0.116 | 0.036 | 0.031 | <b>0.058</b> | 0.103 | 0.027 |
| T Fe (mg/L)                             | 0.903    | <b>2.828</b> | 7.370 | 3.050 | 0.209 | <b>1.393</b> | 5.970 | 2.278 | 0.300    | <b>2.717</b> | 7.070 | 2.670 | 0.368 | <b>1.472</b> | 5.320 | 1.923 |
| T Cr (mg/L)                             | 0.022    | <b>0.079</b> | 0.220 | 0.094 | 0.017 | <b>0.025</b> | 0.030 | 0.005 | 0.020    | <b>0.069</b> | 0.173 | 0.059 | 0.015 | <b>0.038</b> | 0.109 | 0.036 |

Tablo 13. Su kalite parametrelerinin H2 (Tekke) istasyonunda mevsimsel (Mart 2009 - Şubat 2010) değişimi

| Parametre                               | İlkbahar |              |       |       | Yaz   |              |       |       | Sonbahar |              |       |       | Kış   |              |       |       |
|---|----------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|----------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|
|   | Min.     | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.  | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.     | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.  | Ort.         | Mak.  | SS    |
| ÇO (mg/L)                               | 9.85     | <b>10.87</b> | 12.60 | 1.00  | 8.57  | <b>9.52</b>  | 10.61 | 0.75  | 9.87     | <b>10.45</b> | 11.01 | 0.38  | 10.07 | <b>10.80</b> | 11.43 | 0.50  |
| t (°C)                                  | 2.4      | <b>6.6</b>   | 10.5  | 3.3   | 12.9  | <b>15.3</b>  | 17.5  | 1.87  | 5.3      | <b>10.4</b>  | 16.9  | 4.0   | 2.2   | <b>4.0</b>   | 5.3   | 1.3   |
| pH                                      | 7.26     | <b>7.90</b>  | 8.23  | 0.40  | 7.21  | <b>7.51</b>  | 7.73  | 0.20  | 7.23     | <b>7.69</b>  | 7.98  | 0.28  | 7.46  | <b>7.98</b>  | 8.30  | 0.38  |
| Eİ mS/cm                                | 0.157    | <b>0.238</b> | 0.370 | 0.087 | 0.243 | <b>0.398</b> | 0.484 | 0.095 | 0.210    | <b>0.311</b> | 0.506 | 0.107 | 0.232 | <b>0.274</b> | 0.307 | 0.033 |
| T (NTU)                                 | 7        | <b>99</b>    | 367   | 138   | 0     | <b>23</b>    | 70    | 28    | 0        | <b>98</b>    | 213   | 91    | 4     | <b>46</b>    | 159   | 57    |
| AKM (mg/L)                              | 4.6      | <b>105.8</b> | 499.2 | 194.1 | 2.6   | <b>13.3</b>  | 38.7  | 13.3  | 14.2     | <b>57.4</b>  | 171.8 | 60.2  | 5.2   | <b>32.2</b>  | 102.0 | 36.5  |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)  | 0.000    | <b>0.005</b> | 0.025 | 0.010 | 0.000 | <b>0.002</b> | 0.004 | 0.002 | 0.000    | <b>0.002</b> | 0.005 | 0.002 | 0.000 | <b>0.001</b> | 0.005 | 0.002 |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)  | 0.156    | <b>0.253</b> | 0.358 | 0.092 | 0.122 | <b>0.282</b> | 0.402 | 0.123 | 0.136    | <b>0.303</b> | 0.411 | 0.093 | 0.191 | <b>0.295</b> | 0.381 | 0.068 |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/L)  | 0.011    | <b>0.051</b> | 0.145 | 0.049 | 0.058 | <b>0.087</b> | 0.132 | 0.032 | 0.078    | <b>0.116</b> | 0.208 | 0.050 | 0.022 | <b>0.068</b> | 0.146 | 0.044 |
| TKN (mg/L)                              | 0.697    | <b>0.888</b> | 1.095 | 0.140 | 0.758 | <b>0.944</b> | 1.196 | 0.179 | 0.516    | <b>0.731</b> | 1.025 | 0.201 | 0.448 | <b>0.534</b> | 0.670 | 0.081 |
| TN (mg/L)                               | 0.900    | <b>1.147</b> | 1.340 | 0.185 | 0.880 | <b>1.228</b> | 1.600 | 0.283 | 0.770    | <b>1.037</b> | 1.380 | 0.228 | 0.690 | <b>0.830</b> | 1.020 | 0.137 |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P (mg/L) | 0.091    | <b>0.216</b> | 0.750 | 0.262 | 0.089 | <b>0.201</b> | 0.669 | 0.230 | 0.077    | <b>0.105</b> | 0.122 | 0.015 | 0.093 | <b>0.099</b> | 0.106 | 0.005 |
| MBAS (mg/L)                             | 0.039    | <b>0.222</b> | 0.354 | 0.138 | 0.000 | <b>0.065</b> | 0.113 | 0.043 | 0.021    | <b>0.078</b> | 0.154 | 0.055 | 0.000 | <b>0.016</b> | 0.035 | 0.017 |
| KOİ (mg/L)                              | 2.16     | <b>4.26</b>  | 5.84  | 1.50  | 3.30  | <b>4.36</b>  | 6.99  | 1.37  | 2.76     | <b>5.25</b>  | 6.61  | 1.60  | 2.53  | <b>4.67</b>  | 8.64  | 2.67  |
| TH (°dH)                                | 4.32     | <b>6.79</b>  | 10.30 | 2.51  | 7.51  | <b>12.36</b> | 15.50 | 3.26  | 8.91     | <b>12.19</b> | 15.60 | 2.79  | 7.47  | <b>9.68</b>  | 11.10 | 1.35  |
| TOC (mg/L)                              | 1.08     | <b>3.43</b>  | 5.13  | 1.48  | 1.90  | <b>4.55</b>  | 6.48  | 1.90  | 2.43     | <b>3.37</b>  | 5.14  | 1.10  | 0.12  | <b>1.81</b>  | 3.50  | 1.52  |
| Mn <sup>2+</sup> (mg/L)                 | 0.009    | <b>0.114</b> | 0.392 | 0.141 | 0.018 | <b>0.036</b> | 0.090 | 0.027 | 0.023    | <b>0.061</b> | 0.114 | 0.037 | 0.021 | <b>0.045</b> | 0.106 | 0.032 |
| Al <sup>3+</sup> (mg/L)                 | 0.003    | <b>0.046</b> | 0.163 | 0.066 | 0.000 | <b>0.001</b> | 0.008 | 0.003 | 0.000    | <b>0.033</b> | 0.119 | 0.044 | 0.011 | <b>0.034</b> | 0.087 | 0.027 |
| T Fe (mg/L)                             | 0.828    | <b>2.454</b> | 6.990 | 3.027 | 0.202 | <b>0.466</b> | 1.370 | 0.450 | 0.230    | <b>1.853</b> | 4.930 | 1.897 | 0.334 | <b>1.006</b> | 2.760 | 0.914 |
| T Cr (mg/L)                             | 0.028    | <b>0.075</b> | 0.206 | 0.087 | 0.017 | <b>0.023</b> | 0.044 | 0.010 | 0.019    | <b>0.052</b> | 0.105 | 0.037 | 0.016 | <b>0.030</b> | 0.064 | 0.018 |

Tablo 14. Su kalite parametrelerinin H3 (Akçakale) istasyonunda mevsimsel (Mart 2009 - Şubat 2010) değişimi

| Parametre                               | İlkbahar |              |       |       | Yaz   |              |       |       | Sonbahar |              |        |       | Kış   |              |       |       |
|---|----------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|----------|--------------|--------|-------|-------|--------------|-------|-------|
|   | Min.     | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.  | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.     | Ort.         | Mak.   | SS    | Min.  | Ort.         | Mak.  | SS    |
| ÇO (mg/L)                               | 9.94     | <b>10.89</b> | 12.80 | 1.06  | 8.47  | <b>9.37</b>  | 9.98  | 0.61  | 9.65     | <b>10.39</b> | 10.94  | 0.57  | 10.18 | <b>10.90</b> | 11.30 | 0.47  |
| t (°C)                                  | 2.8      | <b>6.8</b>   | 10.7  | 3.3   | 13.1  | <b>16.3</b>  | 18.6  | 2.4   | 5.4      | <b>11.0</b>  | 18.7   | 4.6   | 2.0   | <b>4.1</b>   | 5.6   | 1.4   |
| pH                                      | 7.41     | <b>7.97</b>  | 8.28  | 0.36  | 7.30  | <b>7.53</b>  | 7.68  | 0.15  | 7.28     | <b>7.71</b>  | 7.94   | 0.26  | 7.52  | <b>8.00</b>  | 8.35  | 0.35  |
| Eİ mS/cm                                | 0.163    | <b>0.242</b> | 0.379 | 0.090 | 0.254 | <b>0.409</b> | 0.495 | 0.096 | 0.221    | <b>0.320</b> | 0.512  | 0.106 | 0.232 | <b>0.279</b> | 0.317 | 0.036 |
| T (NTU)                                 | 11       | <b>137</b>   | 454   | 163   | 6     | <b>34</b>    | 101   | 38    | 0        | <b>150</b>   | 352    | 140   | 13    | <b>56</b>    | 185   | 65    |
| AKM (mg/L)                              | 5.6      | <b>115.6</b> | 461.6 | 173.5 | 3.6   | <b>19.5</b>  | 48.7  | 18.0  | 15.2     | <b>111.9</b> | 355.6  | 128.4 | 6.6   | <b>37.0</b>  | 123.8 | 44.1  |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)  | 0.000    | <b>0.009</b> | 0.021 | 0.010 | 0.000 | <b>0.002</b> | 0.005 | 0.002 | 0.000    | <b>0.003</b> | 0.010  | 0.004 | 0.000 | <b>0.001</b> | 0.005 | 0.002 |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)  | 0.205    | <b>0.293</b> | 0.424 | 0.081 | 0.140 | <b>0.279</b> | 0.428 | 0.115 | 0.176    | <b>0.348</b> | 0.545  | 0.125 | 0.205 | <b>0.308</b> | 0.381 | 0.062 |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/L)  | 0.005    | <b>0.100</b> | 0.305 | 0.112 | 0.014 | <b>0.040</b> | 0.057 | 0.016 | 0.038    | <b>0.103</b> | 0.218  | 0.068 | 0.017 | <b>0.067</b> | 0.186 | 0.063 |
| TKN (mg/L)                              | 0.691    | <b>0.839</b> | 1.020 | 0.156 | 0.778 | <b>0.924</b> | 1.203 | 0.181 | 0.436    | <b>0.738</b> | 1.062  | 0.255 | 0.418 | <b>0.533</b> | 0.679 | 0.089 |
| TN (mg/L)                               | 0.920    | <b>1.140</b> | 1.370 | 0.194 | 0.940 | <b>1.205</b> | 1.570 | 0.269 | 0.720    | <b>1.088</b> | 1.610  | 0.343 | 0.700 | <b>0.842</b> | 1.040 | 0.114 |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P (mg/L) | 0.075    | <b>0.106</b> | 0.156 | 0.028 | 0.084 | <b>0.125</b> | 0.103 | 0.076 | 0.092    | <b>0.118</b> | 0.185  | 0.035 | 0.093 | <b>0.098</b> | 0.107 | 0.006 |
| MBAS (mg/L)                             | 0.113    | <b>0.260</b> | 0.361 | 0.097 | 0.044 | <b>0.113</b> | 0.273 | 0.087 | 0.000    | <b>0.091</b> | 0.149  | 0.065 | 0.000 | <b>0.014</b> | 0.036 | 0.015 |
| KOİ (mg/L)                              | 3.32     | <b>4.45</b>  | 5.52  | 1.00  | 2.75  | <b>4.16</b>  | 6.52  | 1.26  | 3.14     | <b>6.72</b>  | 17.2   | 5.29  | 2.48  | <b>4.95</b>  | 8.06  | 2.28  |
| TH (°dH)                                | 4.50     | <b>7.07</b>  | 11.00 | 2.70  | 8.11  | <b>12.48</b> | 15.70 | 2.97  | 8.98     | <b>12.56</b> | 15.60  | 2.84  | 7.46  | <b>9.81</b>  | 11.30 | 1.35  |
| TOC (mg/L)                              | 1.84     | <b>3.66</b>  | 5.48  | 1.29  | 3.38  | <b>5.48</b>  | 6.74  | 1.43  | 1.28     | <b>3.64</b>  | 5.72   | 1.58  | 0.52  | <b>1.55</b>  | 3.74  | 1.29  |
| Mn <sup>2+</sup> (mg/L)                 | 0.010    | <b>0.158</b> | 0.364 | 0.146 | 0.018 | <b>0.028</b> | 0.038 | 0.007 | 0.019    | <b>0.077</b> | 0.179  | 0.062 | 0.021 | <b>0.047</b> | 0.104 | 0.031 |
| Al <sup>3+</sup> (mg/L)                 | 0.008    | <b>0.052</b> | 0.139 | 0.052 | 0.000 | <b>0.004</b> | 0.011 | 0.006 | 0.000    | <b>0.036</b> | 0.137  | 0.051 | 0.011 | <b>0.031</b> | 0.062 | 0.017 |
| T Fe (mg/L)                             | 0.906    | <b>3.262</b> | 7.040 | 2.777 | 0.233 | <b>0.585</b> | 1.810 | 0.611 | 0.273    | <b>3.328</b> | 10.400 | 3.848 | 0.387 | <b>1.075</b> | 2.980 | 0.987 |
| T Cr (mg/L)                             | 0.033    | <b>0.093</b> | 0.203 | 0.079 | 0.019 | <b>0.028</b> | 0.050 | 0.011 | 0.020    | <b>0.089</b> | 0.265  | 0.094 | 0.016 | <b>0.032</b> | 0.066 | 0.018 |

Tablo 15. Su kalite parametrelerinin H4 (Gümüşhane) istasyonunda mevsimsel (Mart 2009 - Şubat 2010) değişimi

| Parametre                               | İlkbahar |              |       |       | Yaz   |              |       |       | Sonbahar |              |       |       | Kış   |              |       |       |
|---|----------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|----------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|
|   | Min.     | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.  | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.     | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.  | Ort.         | Mak.  | SS    |
| ÇO (mg/L)                               | 9.78     | <b>10.94</b> | 12.75 | 0.99  | 7.86  | <b>8.47</b>  | 9.52  | 0.60  | 7.85     | <b>9.54</b>  | 10.84 | 1.00  | 10.09 | <b>10.75</b> | 11.20 | 0.42  |
| t (°C)                                  | 3.4      | <b>7.5</b>   | 11.6  | 3.2   | 14.4  | <b>17.9</b>  | 20.6  | 2.5   | 6.1      | <b>11.9</b>  | 18.9  | 4.4   | 2.2   | <b>4.7</b>   | 6.5   | 1.6   |
| pH                                      | 7.53     | <b>7.99</b>  | 8.28  | 0.29  | 7.33  | <b>7.56</b>  | 7.73  | 0.13  | 7.39     | <b>7.74</b>  | 7.99  | 0.26  | 7.58  | <b>8.06</b>  | 8.40  | 0.32  |
| Eİ mS/cm                                | 0.183    | <b>0.263</b> | 0.402 | 0.090 | 0.298 | <b>0.478</b> | 0.639 | 0.128 | 0.240    | <b>0.379</b> | 0.659 | 0.153 | 0.255 | <b>0.306</b> | 0.345 | 0.038 |
| T (NTU)                                 | 28       | <b>154</b>   | 516   | 182   | 15    | <b>75</b>    | 186   | 63    | 102      | <b>152</b>   | 257   | 60    | 23    | <b>71</b>    | 204   | 70    |
| AKM (mg/L)                              | 10.8     | <b>136.8</b> | 583.4 | 220.7 | 15.2  | <b>38.5</b>  | 110.7 | 35.9  | 50.0     | <b>83.6</b>  | 132.2 | 33.1  | 8.4   | <b>43.7</b>  | 143.0 | 50.3  |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)  | 0.001    | <b>0.008</b> | 0.015 | 0.006 | 0.005 | <b>0.047</b> | 0.121 | 0.045 | 0.007    | <b>0.025</b> | 0.086 | 0.030 | 0.002 | <b>0.005</b> | 0.009 | 0.003 |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)  | 0.221    | <b>0.296</b> | 0.377 | 0.065 | 0.228 | <b>0.516</b> | 0.798 | 0.227 | 0.351    | <b>0.516</b> | 0.920 | 0.205 | 0.295 | <b>0.384</b> | 0.480 | 0.061 |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/L)  | 0.233    | <b>0.414</b> | 0.652 | 0.135 | 0.576 | <b>2.265</b> | 6.180 | 2.361 | 0.270    | <b>2.322</b> | 5.381 | 1.977 | 0.549 | <b>0.749</b> | 1.060 | 0.175 |
| TKN (mg/L)                              | 1.068    | <b>1.372</b> | 1.547 | 0.170 | 1.303 | <b>3.534</b> | 7.681 | 2.612 | 1.597    | <b>4.263</b> | 7.494 | 2.509 | 1.274 | <b>1.530</b> | 1.915 | 0.247 |
| TN (mg/L)                               | 1.460    | <b>1.675</b> | 1.810 | 0.142 | 1.560 | <b>4.097</b> | 8.600 | 2.832 | 2.030    | <b>4.803</b> | 8.500 | 2.665 | 1.650 | <b>1.918</b> | 2.290 | 0.254 |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P (mg/L) | 0.133    | <b>0.288</b> | 0.770 | 0.250 | 0.195 | <b>0.385</b> | 0.827 | 0.262 | 0.108    | <b>0.370</b> | 0.607 | 0.198 | 0.172 | <b>0.187</b> | 0.213 | 0.015 |
| MBAS (mg/L)                             | 0.082    | <b>0.316</b> | 0.602 | 0.205 | 0.125 | <b>0.718</b> | 1.510 | 0.569 | 0.122    | <b>1.235</b> | 4.410 | 1.681 | 0.086 | <b>0.206</b> | 0.357 | 0.099 |
| KOİ (mg/L)                              | 3.27     | <b>7.65</b>  | 11.90 | 2.93  | 7.02  | <b>16.98</b> | 37.40 | 12.87 | 10.40    | <b>34.80</b> | 72.40 | 27.24 | 7.09  | <b>10.89</b> | 16.08 | 3.50  |
| TH (°dH)                                | 4.63     | <b>7.51</b>  | 11.50 | 2.68  | 8.52  | <b>13.69</b> | 17.20 | 3.58  | 9.22     | <b>13.35</b> | 17.2  | 3.13  | 7.90  | <b>10.33</b> | 12.0  | 1.39  |
| TOC (mg/L)                              | 3.77     | <b>5.19</b>  | 7.12  | 1.46  | 5.13  | <b>8.08</b>  | 12.60 | 2.99  | 2.50     | <b>10.88</b> | 22.40 | 7.79  | 1.27  | <b>3.44</b>  | 6.62  | 2.12  |
| Mn <sup>2+</sup> (mg/L)                 | 0.018    | <b>0.106</b> | 0.197 | 0.068 | 0.035 | <b>0.091</b> | 0.201 | 0.066 | 0.092    | <b>0.151</b> | 0.356 | 0.101 | 0.044 | <b>0.068</b> | 0.128 | 0.032 |
| Al <sup>3+</sup> (mg/L)                 | 0.015    | <b>0.041</b> | 0.091 | 0.031 | 0.000 | <b>0.012</b> | 0.021 | 0.012 | 0.014    | <b>0.032</b> | 0.083 | 0.026 | 0.027 | <b>0.044</b> | 0.086 | 0.022 |
| T Fe (mg/L)                             | 0.830    | <b>3.310</b> | 8.230 | 3.398 | 0.233 | <b>1.006</b> | 3.290 | 1.158 | 0.542    | <b>1.750</b> | 3.970 | 1.284 | 0.473 | <b>1.287</b> | 3.990 | 1.383 |
| T Cr (mg/L)                             | 0.027    | <b>0.094</b> | 0.243 | 0.101 | 0.019 | <b>0.033</b> | 0.073 | 0.020 | 0.031    | <b>0.052</b> | 0.100 | 0.025 | 0.018 | <b>0.036</b> | 0.086 | 0.026 |

Tablo 16. Su kalite parametrelerinin H5 (Torul 1) istasyonunda mevsimsel (Mart 2009 - Şubat 2010) değişimi

| Parametre                               | İlkbahar |              |       |       | Yaz   |              |       |       | Sonbahar |              |       |       | Kış   |              |       |       |
|---|----------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|----------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|
|   | Min.     | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.  | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.     | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.  | Ort.         | Mak.  | SS    |
| ÇO (mg/L)                               | 10.29    | <b>11.30</b> | 12.76 | 0.087 | 9.00  | <b>9.92</b>  | 11.02 | 0.083 | 9.78     | <b>10.51</b> | 11.63 | 0.74  | 10.17 | <b>10.99</b> | 11.32 | 0.44  |
| t (°C)                                  | 4.5      | <b>7.9</b>   | 10.9  | 2.5   | 13.1  | <b>17.6</b>  | 21.4  | 3.6   | 6.6      | <b>12.5</b>  | 20.6  | 4.9   | 3.1   | <b>5.3</b>   | 6.9   | 1.4   |
| pH                                      | 7.22     | <b>7.96</b>  | 8.37  | 0.40  | 7.30  | <b>7.63</b>  | 7.81  | 0.20  | 7.25     | <b>7.72</b>  | 8.03  | 0.28  | 7.45  | <b>7.93</b>  | 8.40  | 0.34  |
| Eİ mS/cm                                | 0.171    | <b>0.276</b> | 0.460 | 0.115 | 0.225 | <b>0.427</b> | 0.577 | 0.142 | 0.244    | <b>0.362</b> | 0.549 | 0.113 | 0.254 | <b>0.319</b> | 0.364 | 0.044 |
| T (NTU)                                 | 22       | <b>168</b>   | 568   | 208   | 0     | <b>42</b>    | 117   | 49    | 0        | <b>134</b>   | 256   | 112   | 20    | <b>89</b>    | 205   | 72    |
| AKM (mg/L)                              | 10.4     | <b>165.5</b> | 709   | 273.2 | 2.0   | <b>21.1</b>  | 56.9  | 19.5  | 15.4     | <b>57.0</b>  | 129.4 | 43.1  | 7.8   | <b>49.3</b>  | 126.8 | 47.7  |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)  | 0.001    | <b>0.006</b> | 0.012 | 0.004 | 0.002 | <b>0.019</b> | 0.035 | 0.014 | 0.001    | <b>0.014</b> | 0.031 | 0.013 | 0.001 | <b>0.004</b> | 0.008 | 0.003 |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)  | 0.174    | <b>0.255</b> | 0.349 | 0.064 | 0.131 | <b>0.306</b> | 0.408 | 0.119 | 0.240    | <b>0.429</b> | 0.603 | 0.143 | 0.367 | <b>0.401</b> | 0.526 | 0.062 |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/L)  | 0.067    | <b>0.081</b> | 0.104 | 0.014 | 0.030 | <b>0.048</b> | 0.100 | 0.026 | 0.095    | <b>0.125</b> | 0.163 | 0.030 | 0.085 | <b>0.150</b> | 0.242 | 0.058 |
| TKN (mg/L)                              | 0.819    | <b>0.916</b> | 1.044 | 0.074 | 0.695 | <b>0.887</b> | 1.174 | 0.178 | 0.540    | <b>0.802</b> | 1.049 | 0.224 | 0.531 | <b>0.643</b> | 0.724 | 0.083 |
| TN (mg/L)                               | 1.020    | <b>1.177</b> | 1.240 | 0.083 | 0.830 | <b>1.212</b> | 1.610 | 0.288 | 0.900    | <b>1.245</b> | 1.530 | 0.246 | 0.900 | <b>1.048</b> | 1.180 | 0.109 |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P (mg/L) | 0.099    | <b>0.109</b> | 0.121 | 0.008 | 0.094 | <b>0.304</b> | 1.230 | 0.454 | 0.089    | <b>0.116</b> | 0.167 | 0.029 | 0.101 | <b>0.115</b> | 0.135 | 0.011 |
| MBAS (mg/L)                             | 0.019    | <b>0.253</b> | 0.557 | 0.225 | 0.000 | <b>0.150</b> | 0.296 | 0.110 | 0.107    | <b>0.171</b> | 0.356 | 0.095 | 0.000 | <b>0.113</b> | 0.283 | 0.101 |
| KOİ (mg/L)                              | 2.68     | <b>4.59</b>  | 5.48  | 1.09  | 3.48  | <b>4.02</b>  | 4.45  | 0.43  | 4.04     | <b>6.68</b>  | 9.16  | 1.85  | 4.38  | <b>6.37</b>  | 8.86  | 1.80  |
| TH (°dH)                                | 4.99     | <b>8.49</b>  | 13.9  | 3.60  | 7.05  | <b>13.43</b> | 18.8  | 4.77  | 10.30    | <b>14.68</b> | 18.20 | 3.46  | 8.37  | <b>11.61</b> | 13.80 | 1.84  |
| TOC (mg/L)                              | 2.23     | <b>4.71</b>  | 6.24  | 1.51  | 2.89  | <b>4.44</b>  | 8.92  | 2.27  | 2.07     | <b>4.29</b>  | 6.55  | 1.54  | 0.27  | <b>1.84</b>  | 4.51  | 1.74  |
| Mn <sup>2+</sup> (mg/L)                 | 0.018    | <b>0.084</b> | 0.133 | 0.048 | 0.010 | <b>0.023</b> | 0.035 | 0.009 | 0.028    | <b>0.074</b> | 0.139 | 0.042 | 0.030 | <b>0.057</b> | 0.118 | 0.037 |
| Al <sup>3+</sup> (mg/L)                 | 0.006    | <b>0.035</b> | 0.066 | 0.022 | 0.000 | <b>0.006</b> | 0.031 | 0.012 | 0.000    | <b>0.020</b> | 0.052 | 0.018 | 0.013 | <b>0.038</b> | 0.086 | 0.025 |
| T Fe (mg/L)                             | 1.230    | <b>3.810</b> | 9.230 | 3.672 | 0.211 | <b>0.607</b> | 1.780 | 0.623 | 0.186    | <b>1.853</b> | 4.300 | 1.561 | 0.367 | <b>1.528</b> | 3.250 | 1.126 |
| T Cr (mg/L)                             | 0.038    | <b>0.108</b> | 0.281 | 0.116 | 0.018 | <b>0.029</b> | 0.053 | 0.015 | 0.019    | <b>0.054</b> | 0.085 | 0.030 | 0.017 | <b>0.042</b> | 0.075 | 0.022 |



Tablo 17. Su kalite parametrelerinin H6 (Torul 2) istasyonunda mevsimsel (Mart 2009 - Şubat 2010) değişimi

| Parametre                               | İlkbahar |              |       |       | Yaz   |              |       |       | Sonbahar |              |       |       | Kış   |              |       |       |
|---|----------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|----------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|
|   | Min.     | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.  | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.     | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.  | Ort.         | Mak.  | SS    |
| ÇO (mg/L)                               | 10.70    | <b>11.57</b> | 11.91 | 0.86  | 9.06  | <b>9.59</b>  | 10.49 | 0.49  | 9.20     | <b>10.20</b> | 11.23 | 0.70  | 10.56 | <b>11.17</b> | 11.51 | 0.34  |
| t (°C)                                  | 4.7      | <b>8.1</b>   | 10.8  | 2.4   | 12.7  | <b>17.5</b>  | 20.9  | 3.6   | 6.7      | <b>12.5</b>  | 19.8  | 4.6   | 3.3   | <b>5.4</b>   | 7.2   | 1.4   |
| pH                                      | 7.00     | <b>7.93</b>  | 8.30  | 0.48  | 7.28  | <b>7.65</b>  | 7.88  | 0.22  | 7.32     | <b>7.72</b>  | 8.03  | 0.27  | 7.53  | <b>8.05</b>  | 8.40  | 0.33  |
| Eİ (mS/cm)                              | 0.159    | <b>0.274</b> | 0.449 | 0.113 | 0.197 | <b>0.356</b> | 0.495 | 0.114 | 0.236    | <b>0.342</b> | 0.533 | 0.109 | 0.255 | <b>0.316</b> | 0.359 | 0.044 |
| T (NTU)                                 | 24       | <b>164</b>   | 525   | 191   | 10    | <b>76</b>    | 188   | 71    | 21       | <b>125</b>   | 288   | 102   | 17    | <b>105</b>   | 215   | 70    |
| AKM (mg/L)                              | 8.2      | <b>86.7</b>  | 263.4 | 99.6  | 11.4  | <b>32.3</b>  | 59.6  | 20.5  | 29.8     | <b>57.5</b>  | 111.0 | 35.0  | 9.4   | <b>55.1</b>  | 126.2 | 40.5  |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)  | 0.001    | <b>0.007</b> | 0.013 | 0.005 | 0.002 | <b>0.012</b> | 0.025 | 0.010 | 0.003    | <b>0.013</b> | 0.023 | 0.009 | 0.001 | <b>0.005</b> | 0.007 | 0.002 |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)  | 0.217    | <b>0.278</b> | 0.373 | 0.057 | 0.205 | <b>0.287</b> | 0.373 | 0.071 | 0.245    | <b>0.402</b> | 0.542 | 0.110 | 0.307 | <b>0.410</b> | 0.547 | 0.092 |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/L)  | 0.067    | <b>0.086</b> | 0.121 | 0.020 | 0.037 | <b>0.077</b> | 0.113 | 0.029 | 0.089    | <b>0.117</b> | 0.189 | 0.037 | 0.090 | <b>0.153</b> | 0.210 | 0.041 |
| TKN (mg/L)                              | 0.786    | <b>0.912</b> | 0.982 | 0.074 | 0.623 | <b>0.908</b> | 1.212 | 0.211 | 0.505    | <b>0.723</b> | 0.991 | 0.204 | 0.578 | <b>0.640</b> | 0.762 | 0.067 |
| TN (mg/L)                               | 1.020    | <b>1.197</b> | 1.360 | 0.119 | 0.830 | <b>1.207</b> | 1.610 | 0.289 | 0.880    | <b>1.137</b> | 1.300 | 0.181 | 0.890 | <b>1.055</b> | 1.180 | 0.100 |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P (mg/L) | 0.103    | <b>0.109</b> | 0.118 | 0.007 | 0.091 | <b>0.113</b> | 0.129 | 0.016 | 0.081    | <b>0.122</b> | 0.156 | 0.026 | 0.112 | <b>0.116</b> | 0.120 | 0.003 |
| MBAS (mg/L)                             | 0.019    | <b>0.252</b> | 0.548 | 0.220 | 0.021 | <b>0.274</b> | 0.812 | 0.277 | 0.121    | <b>0.237</b> | 0.440 | 0.131 | 0.016 | <b>0.130</b> | 0.201 | 0.067 |
| KOİ (mg/L)                              | 3.11     | <b>5.36</b>  | 6.68  | 1.29  | 2.55  | <b>4.36</b>  | 6.14  | 1.29  | 5.56     | <b>6.61</b>  | 9.03  | 1.24  | 5.35  | <b>6.66</b>  | 8.90  | 1.70  |
| TH (°dH)                                | 4.64     | <b>8.14</b>  | 14.2  | 3.78  | 6.19  | <b>11.08</b> | 15.5  | 3.68  | 10.00    | <b>13.75</b> | 16.70 | 2.95  | 8.33  | <b>11.42</b> | 13.40 | 1.74  |
| TOC (mg/L)                              | 2.99     | <b>4.37</b>  | 6.10  | 1.36  | 2.45  | <b>4.90</b>  | 8.35  | 2.03  | 1.31     | <b>3.80</b>  | 5.90  | 1.53  | 0.00  | <b>2.00</b>  | 4.89  | 2.11  |
| Mn <sup>2+</sup> (mg/L)                 | 0.014    | <b>0.082</b> | 0.146 | 0.049 | 0.031 | <b>0.079</b> | 0.258 | 0.089 | 0.032    | <b>0.077</b> | 0.120 | 0.036 | 0.030 | <b>0.065</b> | 0.110 | 0.029 |
| Al <sup>3+</sup> (mg/L)                 | 0.004    | <b>0.038</b> | 0.077 | 0.027 | 0.000 | <b>0.009</b> | 0.023 | 0.008 | 0.006    | <b>0.028</b> | 0.063 | 0.019 | 0.004 | <b>0.032</b> | 0.062 | 0.019 |
| T Fe (mg/L)                             | 1.300    | <b>3.218</b> | 8.020 | 3.210 | 0.226 | <b>0.726</b> | 1.910 | 0.634 | 0.260    | <b>1.819</b> | 3.940 | 1.453 | 0.517 | <b>1.645</b> | 3.08  | 0.897 |
| T Cr (mg/L)                             | 0.032    | <b>0.091</b> | 0.228 | 0.093 | 0.002 | <b>0.027</b> | 0.045 | 0.015 | 0.026    | <b>0.060</b> | 0.105 | 0.036 | 0.020 | <b>0.044</b> | 0.064 | 0.015 |

Tablo 18. Su kalite parametrelerinin H7 (Torul HES) istasyonunda mevsimsel (Mart 2009 - Şubat 2010) değişimi

| Parametre                               | İlkbahar |              |       |       | Yaz   |              |       |       | Sonbahar |              |       |       | Kış   |              |       |       |
|---|----------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|----------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|
|   | Min.     | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.  | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.     | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.  | Ort.         | Mak.  | SS    |
| ÇO (mg/L)                               | 9.22     | <b>10.62</b> | 12.29 | 1.17  | 6.34  | <b>8.78</b>  | 10.08 | 1.31  | 6.33     | <b>7.72</b>  | 10.04 | 1.39  | 9.37  | <b>9.81</b>  | 10.62 | 0.48  |
| t (°C)                                  | 6.3      | <b>8.2</b>   | 10.6  | 1.5   | 11.3  | <b>17.8</b>  | 23.6  | 5.5   | 10.0     | <b>13.4</b>  | 15.5  | 2.0   | 5.0   | <b>6.5</b>   | 8.1   | 1.1   |
| pH                                      | 6.85     | <b>7.64</b>  | 8.14  | 0.55  | 7.01  | <b>7.63</b>  | 8.39  | 0.65  | 6.83     | <b>7.28</b>  | 7.79  | 0.32  | 7.28  | <b>7.72</b>  | 7.97  | 0.28  |
| Eİ mS/cm                                | 0.194    | <b>0.306</b> | 0.423 | 0.085 | 0.152 | <b>0.190</b> | 0.240 | 0.032 | 0.235    | <b>0.262</b> | 0.280 | 0.016 | 0.266 | <b>0.327</b> | 0.367 | 0.046 |
| T (NTU)                                 | 23       | <b>66</b>    | 125   | 36    | 4     | <b>26</b>    | 97    | 35    | 0        | <b>52</b>    | 221   | 84    | 7     | <b>13</b>    | 22    | 5     |
| AKM (mg/L)                              | 4.8      | <b>8.8</b>   | 21.4  | 6.3   | 2.2   | <b>10.6</b>  | 12.6  | 6.9   | 2.4      | <b>24.7</b>  | 54.6  | 25.1  | 1.6   | <b>5.5</b>   | 8.6   | 2.3   |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)  | 0.000    | <b>0.009</b> | 0.015 | 0.005 | 0.000 | <b>0.001</b> | 0.006 | 0.002 | 0.000    | <b>0.002</b> | 0.003 | 0.001 | 0.000 | <b>0.002</b> | 0.005 | 0.002 |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)  | 0.264    | <b>0.352</b> | 0.405 | 0.059 | 0.000 | <b>0.119</b> | 0.263 | 0.132 | 0.198    | <b>0.370</b> | 0.846 | 0.243 | 0.291 | <b>0.373</b> | 0.448 | 0.059 |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/L)  | 0.010    | <b>0.051</b> | 0.074 | 0.023 | 0.025 | <b>0.034</b> | 0.041 | 0.007 | 0.034    | <b>0.068</b> | 0.137 | 0.040 | 0.023 | <b>0.037</b> | 0.056 | 0.014 |
| TKN (mg/L)                              | 0.735    | <b>0.817</b> | 0.928 | 0.076 | 0.650 | <b>0.865</b> | 1.220 | 0.229 | 0.412    | <b>0.653</b> | 0.870 | 0.198 | 0.429 | <b>0.485</b> | 0.522 | 0.034 |
| TN (mg/L)                               | 1.010    | <b>1.178</b> | 1.340 | 0.114 | 0.650 | <b>0.985</b> | 1.290 | 0.248 | 0.610    | <b>1.025</b> | 1.670 | 0.387 | 0.720 | <b>0.860</b> | 0.960 | 0.093 |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P (mg/L) | 0.085    | <b>0.104</b> | 0.112 | 0.010 | 0.072 | <b>0.089</b> | 0.101 | 0.010 | 0.069    | <b>0.088</b> | 0.102 | 0.011 | 0.093 | <b>0.099</b> | 0.105 | 0.004 |
| MBAS (mg/L)                             | 0.010    | <b>0.230</b> | 0.481 | 0.176 | 0.000 | <b>0.008</b> | 0.026 | 0.013 | 0.000    | <b>0.017</b> | 0.080 | 0.032 | 0.000 | <b>0.000</b> | 0.000 | 0.000 |
| KOİ (mg/L)                              | 3.24     | <b>4.96</b>  | 6.37  | 1.10  | 1.00  | <b>3.28</b>  | 4.48  | 1.22  | 2.39     | <b>5.37</b>  | 7.44  | 1.91  | 2.43  | <b>4.72</b>  | 8.77  | 2.25  |
| TH (°dH)                                | 5.76     | <b>9.31</b>  | 13.6  | 2.99  | 4.00  | <b>5.48</b>  | 7.38  | 1.17  | 8.10     | <b>10.51</b> | 12.5  | 1.44  | 11.1  | <b>11.53</b> | 11.8  | 0.31  |
| TOC (mg/L)                              | 4.34     | <b>5.50</b>  | 7.08  | 1.14  | 0.43  | <b>3.29</b>  | 6.08  | 2.21  | 0.00     | <b>2.03</b>  | 4.38  | 1.86  | 0.00  | <b>1.11</b>  | 2.93  | 1.15  |
| Mn <sup>2+</sup> (mg/L)                 | 0.021    | <b>0.136</b> | 0.219 | 0.066 | 0.014 | <b>0.034</b> | 0.071 | 0.025 | 0.011    | <b>0.041</b> | 0.113 | 0.038 | 0.017 | <b>0.030</b> | 0.050 | 0.011 |
| Al <sup>3+</sup> (mg/L)                 | 0.012    | <b>0.046</b> | 0.090 | 0.029 | 0.000 | <b>0.008</b> | 0.024 | 0.011 | 0.000    | <b>0.016</b> | 0.030 | 0.012 | 0.007 | <b>0.019</b> | 0.030 | 0.009 |
| T Fe (mg/L)                             | 0.669    | <b>1.118</b> | 1.82  | 0.493 | 0.226 | <b>0.305</b> | 0.415 | 0.071 | 0.236    | <b>1.028</b> | 2.810 | 1.019 | 0.296 | <b>0.372</b> | 0.520 | 0.088 |
| T Cr (mg/L)                             | 0.027    | <b>0.044</b> | 0.068 | 0.017 | 0.019 | <b>0.023</b> | 0.028 | 0.003 | 0.017    | <b>0.029</b> | 0.053 | 0.013 | 0.018 | <b>0.020</b> | 0.022 | 0.001 |

Tablo 19. Su kalite parametrelerinin H8 (Kürtün) istasyonunda mevsimsel (Mart 2009 - Şubat 2010) değişimi

| Parametre                               | İlkbahar |              |       |       | Yaz   |              |       |       | Sonbahar |              |       |       | Kış   |              |       |       |
|---|----------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|----------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|
|   | Min.     | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.  | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.     | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.  | Ort.         | Mak.  | SS    |
| ÇO (mg/L)                               | 11.23    | <b>12.09</b> | 13.56 | 0.91  | 9.21  | <b>11.94</b> | 13.79 | 1.80  | 9.65     | <b>10.46</b> | 11.96 | 0.81  | 10.47 | <b>11.01</b> | 11.39 | 0.33  |
| t (°C)                                  | 7.4      | <b>11.0</b>  | 16.1  | 3.1   | 16.9  | <b>21.1</b>  | 23.1  | 2.5   | 8.6      | <b>13.6</b>  | 21.3  | 4.4   | 4.0   | <b>7.2</b>   | 8.4   | 1.6   |
| pH                                      | 7.65     | <b>8.31</b>  | 8.63  | 0.36  | 7.96  | <b>8.24</b>  | 8.50  | 0.20  | 6.87     | <b>7.60</b>  | 8.26  | 0.49  | 7.38  | <b>7.90</b>  | 8.35  | 0.38  |
| Eİ mS/cm                                | 0.145    | <b>0.204</b> | 0.242 | 0.037 | 0.244 | <b>0.282</b> | 0.330 | 0.031 | 0.093    | <b>0.164</b> | 0.335 | 0.100 | 0.101 | <b>0.156</b> | 0.218 | 0.041 |
| T (NTU)                                 | 3        | <b>11</b>    | 24    | 7     | 0     | <b>0</b>     | 0     | 0     | 0        | <b>85</b>    | 406   | 161   | 0     | <b>39</b>    | 210   | 84    |
| AKM (mg/L)                              | 2.0      | <b>6.2</b>   | 18.8  | 6.3   | 1.2   | <b>6.2</b>   | 13.5  | 4.3   | 0.2      | <b>69.4</b>  | 194.6 | 92.4  | 1.2   | <b>22.8</b>  | 91.8  | 34.5  |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)  | 0.000    | <b>0.003</b> | 0.007 | 0.004 | 0.000 | <b>0.001</b> | 0.003 | 0.001 | 0.000    | <b>0.003</b> | 0.007 | 0.003 | 0.000 | <b>0.001</b> | 0.008 | 0.003 |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)  | 0.289    | <b>0.430</b> | 0.558 | 0.113 | 0.310 | <b>0.600</b> | 0.873 | 0.197 | 0.516    | <b>0.674</b> | 0.935 | 0.168 | 0.394 | <b>0.674</b> | 0.839 | 0.153 |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/L)  | 0.009    | <b>0.022</b> | 0.048 | 0.015 | 0.017 | <b>0.023</b> | 0.032 | 0.006 | 0.035    | <b>0.083</b> | 0.153 | 0.051 | 0.033 | <b>0.095</b> | 0.288 | 0.097 |
| TKN (mg/L)                              | 0.653    | <b>0.807</b> | 0.912 | 0.100 | 0.565 | <b>0.812</b> | 1.050 | 0.183 | 0.460    | <b>0.678</b> | 0.960 | 0.182 | 0.411 | <b>0.537</b> | 0.793 | 0.144 |
| TN (mg/L)                               | 1.120    | <b>1.240</b> | 1.400 | 0.107 | 1.160 | <b>1.413</b> | 1.670 | 0.174 | 0.980    | <b>1.355</b> | 1.540 | 0.213 | 1.000 | <b>1.212</b> | 1.550 | 0.192 |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P (mg/L) | 0.078    | <b>0.085</b> | 0.105 | 0.010 | 0.079 | <b>0.089</b> | 0.098 | 0.006 | 0.068    | <b>0.095</b> | 0.114 | 0.015 | 0.091 | <b>0.102</b> | 0.115 | 0.008 |
| MBAS (mg/L)                             | 0.000    | <b>0.135</b> | 0.284 | 0.122 | 0.000 | <b>0.057</b> | 0.200 | 0.086 | 0.000    | <b>0.049</b> | 0.115 | 0.048 | 0.000 | <b>0.017</b> | 0.100 | 0.041 |
| KOİ (mg/L)                              | 4.22     | <b>5.65</b>  | 8.49  | 1.53  | 2.05  | <b>3.60</b>  | 5.95  | 1.53  | 4.75     | <b>7.49</b>  | 9.32  | 1.72  | 2.90  | <b>5.76</b>  | 9.43  | 2.52  |
| TH (°dH)                                | 4.08     | <b>5.54</b>  | 6.63  | 0.94  | 7.20  | <b>8.04</b>  | 9.51  | 0.83  | 2.86     | <b>5.76</b>  | 9.55  | 2.92  | 3.55  | <b>5.15</b>  | 6.51  | 0.97  |
| TOC (mg/L)                              | 3.41     | <b>4.98</b>  | 6.37  | 1.24  | 1.03  | <b>2.93</b>  | 5.52  | 1.99  | 0.00     | <b>0.91</b>  | 2.34  | 1.01  | 0.00  | <b>0.73</b>  | 1.35  | 0.53  |
| Mn <sup>2+</sup> (mg/L)                 | 0.008    | <b>0.029</b> | 0.099 | 0.035 | 0.005 | <b>0.027</b> | 0.122 | 0.047 | 0.012    | <b>0.062</b> | 0.175 | 0.069 | 0.018 | <b>0.048</b> | 0.164 | 0.058 |
| Al <sup>3+</sup> (mg/L)                 | 0.000    | <b>0.012</b> | 0.060 | 0.027 | 0.000 | <b>0.000</b> | 0.000 | 0.000 | 0.000    | <b>0.016</b> | 0.032 | 0.012 | 0.000 | <b>0.012</b> | 0.039 | 0.019 |
| T Fe (mg/L)                             | 0.200    | <b>0.462</b> | 1.190 | 0.485 | 0.162 | <b>0.197</b> | 0.238 | 0.027 | 0.210    | <b>1.533</b> | 5.190 | 2.105 | 0.264 | <b>1.013</b> | 4.300 | 1.613 |
| T Cr (mg/L)                             | 0.017    | <b>0.025</b> | 0.047 | 0.015 | 0.015 | <b>0.019</b> | 0.023 | 0.003 | 0.017    | <b>0.042</b> | 0.125 | 0.043 | 0.015 | <b>0.030</b> | 0.087 | 0.028 |

Tablo 20. Su kalite parametrelerinin H9 (Doğankent) istasyonunda mevsimsel (Mart 2009 - Şubat 2010) değişimi

| Parametre                               | İlkbahar |              |       |       | Yaz   |              |       |       | Sonbahar |              |       |       | Kış   |              |       |       |
|---|----------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|----------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|
|   | Min.     | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.  | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.     | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.  | Ort.         | Mak.  | SS    |
| ÇO (mg/L)                               | 11.05    | <b>12.05</b> | 13.77 | 1.14  | 9.49  | <b>9.79</b>  | 10.36 | 0.30  | 9.56     | <b>10.11</b> | 10.87 | 0.50  | 11.04 | <b>11.28</b> | 11.52 | 0.23  |
| t (°C)                                  | 6.3      | <b>9.1</b>   | 12.2  | 2.2   | 13.7  | <b>17.6</b>  | 22.8  | 3.0   | 10.2     | <b>13.8</b>  | 17.3  | 2.4   | 5.5   | <b>7.8</b>   | 9.1   | 1.3   |
| pH                                      | 7.61     | <b>7.94</b>  | 8.28  | 0.28  | 7.10  | <b>7.36</b>  | 8.04  | 0.35  | 6.98     | <b>7.25</b>  | 7.39  | 0.15  | 7.41  | <b>7.92</b>  | 8.38  | 0.39  |
| Eİ (mS/cm)                              | 0.171    | <b>0.256</b> | 0.306 | 0.051 | 0.122 | <b>0.181</b> | 0.221 | 0.039 | 0.114    | <b>0.158</b> | 0.225 | 0.039 | 0.152 | <b>0.228</b> | 0.303 | 0.052 |
| T (NTU)                                 | 18       | <b>57</b>    | 168   | 58    | 2     | <b>24</b>    | 89    | 34    | 0        | <b>133</b>   | 583   | 224   | 17    | <b>25</b>    | 37    | 9     |
| AKM (mg/L)                              | 6.2      | <b>22.8</b>  | 83.8  | 30.1  | 3.2   | <b>12.1</b>  | 22.2  | 8.5   | 11.8     | <b>70.9</b>  | 305.6 | 116.0 | 7.2   | <b>13.7</b>  | 25.0  | 6.8   |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)  | 0.000    | <b>0.005</b> | 0.009 | 0.004 | 0.000 | <b>0.000</b> | 0.000 | 0.000 | 0.000    | <b>0.005</b> | 0.021 | 0.008 | 0.000 | <b>0.000</b> | 0.002 | 0.001 |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)  | 0.308    | <b>0.548</b> | 0.851 | 0.208 | 0.264 | <b>0.374</b> | 0.515 | 0.108 | 0.252    | <b>0.818</b> | 1.450 | 0.458 | 0.485 | <b>0.687</b> | 0.979 | 0.180 |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/L)  | 0.024    | <b>0.036</b> | 0.066 | 0.018 | 0.018 | <b>0.035</b> | 0.071 | 0.019 | 0.021    | <b>0.070</b> | 0.147 | 0.045 | 0.016 | <b>0.050</b> | 0.099 | 0.028 |
| TKN (mg/L)                              | 0.759    | <b>0.824</b> | 0.874 | 0.053 | 0.666 | <b>0.896</b> | 1.145 | 0.205 | 0.160    | <b>0.502</b> | 0.768 | 0.240 | 0.415 | <b>0.488</b> | 0.572 | 0.053 |
| TN (mg/L)                               | 1.190    | <b>1.377</b> | 1.610 | 0.164 | 0.950 | <b>1.270</b> | 1.660 | 0.283 | 0.870    | <b>1.325</b> | 2.050 | 0.527 | 0.900 | <b>1.175</b> | 1.470 | 0.194 |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P (mg/L) | 0.085    | <b>0.104</b> | 0.155 | 0.026 | 0.065 | <b>0.092</b> | 0.112 | 0.015 | 0.089    | <b>0.106</b> | 0.145 | 0.021 | 0.094 | <b>0.100</b> | 0.106 | 0.004 |
| MBAS (mg/L)                             | 0.000    | <b>0.157</b> | 0.328 | 0.138 | 0.000 | <b>0.033</b> | 0.068 | 0.031 | 0.000    | <b>0.025</b> | 0.086 | 0.035 | 0.000 | <b>0.000</b> | 0.000 | 0.000 |
| KOİ (mg/L)                              | 3.86     | <b>5.74</b>  | 10.7  | 2.50  | 1.07  | <b>2.47</b>  | 6.28  | 1.92  | 2.45     | <b>5.84</b>  | 8.79  | 2.34  | 1.99  | <b>4.20</b>  | 7.77  | 2.12  |
| TH (°dH)                                | 4.98     | <b>7.51</b>  | 9.21  | 1.73  | 3.43  | <b>5.22</b>  | 6.36  | 1.11  | 4.36     | <b>5.71</b>  | 6.70  | 0.97  | 4.18  | <b>7.72</b>  | 9.89  | 1.91  |
| TOC (mg/L)                              | 3.64     | <b>4.83</b>  | 6.62  | 1.20  | 0.61  | <b>2.76</b>  | 4.36  | 1.57  | 0.00     | <b>1.27</b>  | 3.14  | 1.31  | 0.00  | <b>0.89</b>  | 1.88  | 0.68  |
| Mn <sup>2+</sup> (mg/L)                 | 0.025    | <b>0.083</b> | 0.133 | 0.048 | 0.016 | <b>0.034</b> | 0.064 | 0.020 | 0.022    | <b>0.102</b> | 0.300 | 0.102 | 0.021 | <b>0.039</b> | 0.062 | 0.015 |
| Al <sup>3+</sup> (mg/L)                 | 0.013    | <b>0.032</b> | 0.077 | 0.027 | 0.000 | <b>0.009</b> | 0.037 | 0.014 | 0.019    | <b>0.039</b> | 0.096 | 0.029 | 0.023 | <b>0.038</b> | 0.052 | 0.014 |
| T Fe (mg/L)                             | 0.405    | <b>0.992</b> | 2.040 | 0.719 | 0.262 | <b>0.367</b> | 0.603 | 0.122 | 0.465    | <b>2.566</b> | 10.30 | 3.818 | 0.384 | <b>0.549</b> | 0.694 | 0.132 |
| T Cr (mg/L)                             | 0.024    | <b>0.039</b> | 0.068 | 0.020 | 0.017 | <b>0.023</b> | 0.032 | 0.005 | 0.018    | <b>0.054</b> | 0.171 | 0.058 | 0.017 | <b>0.022</b> | 0.025 | 0.003 |

Tablo 21. Su kalite parametrelerinin H10 (Tirebolu) istasyonunda mevsimsel (Mart 2009 - Şubat 2010) değişimi

| Parametre                               | İlkbahar |              |       |       | Yaz   |              |       |       | Sonbahar |              |       |       | Kış   |              |       |       |
|---|----------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|----------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|
|   | Min.     | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.  | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.     | Ort.         | Mak.  | SS    | Min.  | Ort.         | Mak.  | SS    |
| ÇO (mg/L)                               | 10.94    | <b>11.77</b> | 12.96 | 0.88  | 9.34  | <b>10.12</b> | 11.78 | 0.89  | 9.90     | <b>10.29</b> | 10.84 | 0.42  | 10.64 | <b>10.94</b> | 11.26 | 0.23  |
| t (°C)                                  | 8.2      | <b>10.9</b>  | 13.8  | 2.0   | 15.5  | <b>20.0</b>  | 22.0  | 2.5   | 10.3     | <b>15.0</b>  | 20.3  | 3.3   | 6.5   | <b>8.7</b>   | 9.8   | 1.2   |
| pH                                      | 7.67     | <b>7.96</b>  | 8.32  | 0.31  | 6.80  | <b>7.45</b>  | 8.04  | 0.44  | 6.89     | <b>7.38</b>  | 7.90  | 0.36  | 7.53  | <b>7.93</b>  | 8.21  | 0.31  |
| Eİ mS/cm                                | 0.172    | <b>0.244</b> | 0.319 | 0.059 | 0.108 | <b>0.190</b> | 0.223 | 0.044 | 0.084    | <b>0.149</b> | 0.234 | 0.054 | 0.150 | <b>0.224</b> | 0.284 | 0.050 |
| T (NTU)                                 | 73       | <b>138</b>   | 248   | 64    | 30    | <b>71</b>    | 130   | 43    | 47       | <b>217</b>   | 583   | 211   | 60    | <b>113</b>   | 209   | 53    |
| AKM (mg/L)                              | 37.8     | <b>114.6</b> | 368.4 | 127.0 | 8.4   | <b>30.1</b>  | 54.8  | 27.1  | 23.0     | <b>93.4</b>  | 251.6 | 88.9  | 16.4  | <b>41.8</b>  | 111.0 | 35.1  |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)  | 0.000    | <b>0.006</b> | 0.014 | 0.005 | 0.000 | <b>0.002</b> | 0.005 | 0.002 | 0.001    | <b>0.007</b> | 0.015 | 0.006 | 0.000 | <b>0.003</b> | 0.007 | 0.003 |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/L)  | 0.263    | <b>0.610</b> | 1.120 | 0.312 | 0.189 | <b>0.303</b> | 0.440 | 0.087 | 0.330    | <b>0.909</b> | 1.680 | 0.565 | 0.486 | <b>0.852</b> | 1.220 | 0.259 |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/L)  | 0.031    | <b>0.057</b> | 0.102 | 0.027 | 0.041 | <b>0.259</b> | 0.821 | 0.294 | 0.046    | <b>0.123</b> | 0.197 | 0.058 | 0.051 | <b>0.102</b> | 0.174 | 0.053 |
| TKN (mg/L)                              | 0.793    | <b>0.855</b> | 0.914 | 0.049 | 0.720 | <b>1.203</b> | 2.231 | 0.553 | 0.341    | <b>0.675</b> | 0.995 | 0.235 | 0.433 | <b>0.540</b> | 0.657 | 0.084 |
| TN (mg/L)                               | 1.180    | <b>1.472</b> | 1.920 | 0.272 | 0.950 | <b>1.507</b> | 2.560 | 0.575 | 0.930    | <b>1.590</b> | 2.590 | 0.655 | 0.980 | <b>1.395</b> | 1.660 | 0.247 |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P (mg/L) | 0.090    | <b>0.102</b> | 0.119 | 0.011 | 0.097 | <b>0.130</b> | 0.241 | 0.056 | 0.095    | <b>0.111</b> | 0.134 | 0.018 | 0.101 | <b>0.105</b> | 0.112 | 0.005 |
| MBAS (mg/L)                             | 0.000    | <b>0.158</b> | 0.337 | 0.150 | 0.000 | <b>0.289</b> | 0.987 | 0.364 | 0.000    | <b>0.052</b> | 0.146 | 0.057 | 0.000 | <b>0.013</b> | 0.044 | 0.020 |
| KOİ (mg/L)                              | 3.08     | <b>5.28</b>  | 9.01  | 2.04  | 1.03  | <b>3.85</b>  | 9.33  | 3.53  | 1.91     | <b>5.46</b>  | 8.60  | 2.27  | 2.21  | <b>4.46</b>  | 6.71  | 1.83  |
| TH (°dH)                                | 5.25     | <b>7.33</b>  | 9.83  | 1.95  | 4.98  | <b>5.76</b>  | 6.46  | 0.67  | 3.96     | <b>5.99</b>  | 9.02  | 1.91  | 5.54  | <b>7.91</b>  | 9.13  | 1.32  |
| TOC (mg/L)                              | 3.92     | <b>4.61</b>  | 5.67  | 0.77  | 1.01  | <b>3.52</b>  | 4.62  | 1.31  | 0.00     | <b>1.51</b>  | 3.81  | 1.28  | 0.00  | <b>0.85</b>  | 1.51  | 0.60  |
| Mn <sup>2+</sup> (mg/L)                 | 0.068    | <b>0.118</b> | 0.166 | 0.043 | 0.042 | <b>0.075</b> | 0.135 | 0.032 | 0.049    | <b>0.134</b> | 0.263 | 0.104 | 0.056 | <b>0.093</b> | 0.168 | 0.040 |
| Al <sup>3+</sup> (mg/L)                 | 0.008    | <b>0.029</b> | 0.071 | 0.025 | 0.004 | <b>0.024</b> | 0.055 | 0.020 | 0.025    | <b>0.047</b> | 0.064 | 0.013 | 0.012 | <b>0.037</b> | 0.059 | 0.020 |
| T Fe (mg/L)                             | 0.876    | <b>3.084</b> | 7.020 | 2.722 | 0.547 | <b>0.691</b> | 0.978 | 0.163 | 0.311    | <b>4.012</b> | 10.90 | 4.151 | 1.130 | <b>1.962</b> | 3.200 | 0.741 |
| T Cr (mg/L)                             | 0.048    | <b>0.087</b> | 0.177 | 0.061 | 0.030 | <b>0.036</b> | 0.049 | 0.007 | 0.038    | <b>0.100</b> | 0.237 | 0.080 | 0.037 | <b>0.053</b> | 0.070 | 0.012 |

Tablo 22. Su kalite parametrelerinin H1 (Tohumoğlu) istasyonunda elde edilen değerleri için korelasyon matrisi

|                                  | ÇO                            | t                             | pH              | Eİ                            | T                            | AKM                          | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | TKN                          | TN              | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | MBAS            | KOİ            | TH              | TOC                          | Mn <sup>2+</sup>             | Al <sup>3+</sup>             | T Fe                         |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| t                                | <b>-0.624</b><br><b>0.001</b> |                               |                 |                               |                              |                              |                                 |                                 |                                 |                              |                 |                                  |                 |                |                 |                              |                              |                              |                              |
| pH                               | <b>0.485</b><br><b>0.016</b>  | -0.381<br>0.066               |                 |                               |                              |                              |                                 |                                 |                                 |                              |                 |                                  |                 |                |                 |                              |                              |                              |                              |
| Eİ                               | -0.359<br>0.085               | <b>0.450</b><br><b>0.027</b>  | 0.038<br>0.860  |                               |                              |                              |                                 |                                 |                                 |                              |                 |                                  |                 |                |                 |                              |                              |                              |                              |
| T                                | -0.106<br>0.622               | 0.193<br>0.367                | -0.102<br>0.636 | 0.012<br>0.955                |                              |                              |                                 |                                 |                                 |                              |                 |                                  |                 |                |                 |                              |                              |                              |                              |
| AKM                              | -0.049<br>0.819               | 0.149<br>0.487                | -0.077<br>0.721 | -0.106<br>0.623               | <b>0.926</b><br><b>0.000</b> |                              |                                 |                                 |                                 |                              |                 |                                  |                 |                |                 |                              |                              |                              |                              |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N  | 0.199<br>0.351                | 0.333<br>0.112                | -0.007<br>0.974 | 0.140<br>0.513                | <b>0.691</b><br><b>0.000</b> | <b>0.753</b><br><b>0.000</b> |                                 |                                 |                                 |                              |                 |                                  |                 |                |                 |                              |                              |                              |                              |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N  | 0.132<br>0.538                | -0.088<br>0.682               | 0.245<br>0.249  | 0.041<br>0.850                | 0.289<br>0.171               | 0.237<br>0.264               | 0.336<br>0.108                  |                                 |                                 |                              |                 |                                  |                 |                |                 |                              |                              |                              |                              |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N  | -0.187<br>0.381               | <b>0.566</b><br><b>0.004</b>  | -0.142<br>0.507 | <b>0.419</b><br><b>0.042</b>  | <b>0.526</b><br><b>0.008</b> | <b>0.491</b><br><b>0.015</b> | <b>0.718</b><br><b>0.000</b>    | 0.358<br>0.086                  |                                 |                              |                 |                                  |                 |                |                 |                              |                              |                              |                              |
| TKN                              | -0.388<br>0.061               | <b>0.693</b><br><b>0.000</b>  | -0.228<br>0.283 | 0.337<br>0.107                | 0.099<br>0.644               | 0.183<br>0.392               | 0.334<br>0.110                  | -0.145<br>0.500                 | 0.205<br>0.336                  |                              |                 |                                  |                 |                |                 |                              |                              |                              |                              |
| TN                               | -0.238<br>0.263               | <b>0.537</b><br><b>0.007</b>  | -0.035<br>0.871 | 0.315<br>0.134                | 0.286<br>0.175               | 0.325<br>0.121               | <b>0.523</b><br><b>0.009</b>    | <b>0.532</b><br><b>0.007</b>    | <b>0.421</b><br><b>0.040</b>    | <b>0.761</b><br><b>0.000</b> |                 |                                  |                 |                |                 |                              |                              |                              |                              |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | 0.060<br>0.782                | -0.255<br>0.228               | -0.053<br>0.805 | 0.077<br>0.720                | -0.045<br>0.834              | -0.041<br>0.849              | -0.071<br>0.741                 | -0.022<br>0.917                 | -0.248<br>0.242                 | 0.165<br>0.442               | 0.123<br>0.566  |                                  |                 |                |                 |                              |                              |                              |                              |
| MBAS                             | 0.191<br>0.372                | -0.234<br>0.271               | 0.236<br>0.266  | 0.246<br>0.247                | 0.286<br>0.176               | 0.182<br>0.394               | 0.088<br>0.683                  | 0.058<br>0.789                  | 0.041<br>0.849                  | -0.190<br>0.374              | -0.122<br>0.572 | 0.140<br>0.513                   |                 |                |                 |                              |                              |                              |                              |
| KOİ                              | -0.053<br>0.806               | 0.007<br>0.976                | -0.094<br>0.661 | -0.119<br>0.579               | <b>0.444</b><br><b>0.030</b> | 0.243<br>0.252               | 0.147<br>0.494                  | 0.183<br>0.393                  | 0.225<br>0.290                  | -0.106<br>0.623              | 0.032<br>0.882  | -0.127<br>0.554                  | -0.026<br>0.906 |                |                 |                              |                              |                              |                              |
| TH                               | -0.298<br>0.157               | 0.382<br>0.065                | 0.007<br>0.975  | <b>0.885</b><br><b>0.000</b>  | 0.069<br>0.750               | -0.125<br>0.561              | 0.113<br>0.598                  | 0.138<br>0.521                  | <b>0.514</b><br><b>0.010</b>    | 0.077<br>0.719               | 0.157<br>0.463  | -0.012<br>0.955                  | 0.164<br>0.444  | 0.065<br>0.761 |                 |                              |                              |                              |                              |
| TOC                              | -0.412<br>0.051               | 0.491<br>0.017                | -0.324<br>0.132 | 0.276<br>0.203                | <b>0.547</b><br><b>0.007</b> | <b>0.427</b><br><b>0.042</b> | 0.296<br>0.170                  | -0.163<br>0.458                 | 0.277<br>0.200                  | 0.321<br>0.136               | 0.176<br>0.422  | 0.209<br>0.338                   | 0.153<br>0.485  | 0.179<br>0.415 | 0.187<br>0.393  |                              |                              |                              |                              |
| Mn <sup>2+</sup>                 | 0.052<br>0.809                | 0.126<br>0.558                | -0.088<br>0.682 | -0.216<br>0.311               | <b>0.809</b><br><b>0.000</b> | <b>0.921</b><br><b>0.000</b> | <b>0.801</b><br><b>0.000</b>    | 0.266<br>0.209                  | <b>0.476</b><br><b>0.019</b>    | 0.221<br>0.298               | 0.378<br>0.069  | -0.065<br>0.764                  | 0.018<br>0.934  | 0.198<br>0.353 | -0.218<br>0.306 | 0.331<br>0.123               |                              |                              |                              |
| Al <sup>3+</sup>                 | 0.355<br>0.097                | <b>-0.486</b><br><b>0.019</b> | 0.122<br>0.579  | <b>-0.519</b><br><b>0.011</b> | <b>0.462</b><br><b>0.026</b> | <b>0.552</b><br><b>0.006</b> | <b>0.409</b><br><b>0.053</b>    | <b>0.561</b><br><b>0.005</b>    | 0.128<br>0.560                  | -0.378<br>0.075              | 0.048<br>0.827  | -0.104<br>0.635                  | -0.075<br>0.734 | 0.289<br>0.181 | -0.362<br>0.090 | -0.190<br>0.386              | <b>0.675</b><br><b>0.000</b> |                              |                              |
| T Fe                             | 0.024<br>0.917                | 0.001<br>0.996                | -0.087<br>0.701 | -0.120<br>0.596               | <b>0.908</b><br><b>0.000</b> | <b>0.855</b><br><b>0.000</b> | <b>0.623</b><br><b>0.002</b>    | 0.253<br>0.257                  | 0.365<br>0.094                  | 0.019<br>0.932               | 0.194<br>0.388  | <b>0.768</b><br><b>0.000</b>     | 0.131<br>0.561  | 0.416<br>0.054 | -0.005<br>0.983 | <b>0.460</b><br><b>0.031</b> | <b>0.810</b><br><b>0.000</b> | <b>0.592</b><br><b>0.004</b> |                              |
| T Cr                             | 0.143<br>0.526                | -0.108<br>0.632               | -0.059<br>0.794 | -0.314<br>0.155               | <b>0.628</b><br><b>0.002</b> | <b>0.710</b><br><b>0.000</b> | <b>0.522</b><br><b>0.013</b>    | 0.165<br>0.463                  | 0.176<br>0.433                  | 0.012<br>0.959               | 0.128<br>0.570  | <b>0.731</b><br><b>0.000</b>     | -0.125<br>0.578 | 0.209<br>0.350 | -0.196<br>0.382 | 0.260<br>0.242               | <b>0.759</b><br><b>0.000</b> | <b>0.651</b><br><b>0.001</b> | <b>0.869</b><br><b>0.000</b> |

Tablo 23. Su kalite parametrelerinin H2 (Tekke) istasyonunda elde edilen değerleri için korelasyon matrisi

|                                  | ÇO            | t             | pH     | Eİ            | T             | AKM           | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | TKN          | TN     | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | MBAS   | KOİ    | TH            | TOC    | Mn <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup> | T Fe         |
|----------------------------------|---------------|---------------|--------|---------------|---------------|---------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------|--------|----------------------------------|--------|--------|---------------|--------|------------------|------------------|--------------|
| t                                | <b>-0.518</b> |               |        |               |               |               |                                 |                                 |                                 |              |        |                                  |        |        |               |        |                  |                  |              |
|                                  | <b>0.010</b>  |               |        |               |               |               |                                 |                                 |                                 |              |        |                                  |        |        |               |        |                  |                  |              |
| pH                               | <b>0.568</b>  | <b>-0.440</b> |        |               |               |               |                                 |                                 |                                 |              |        |                                  |        |        |               |        |                  |                  |              |
|                                  | <b>0.004</b>  | <b>0.031</b>  |        |               |               |               |                                 |                                 |                                 |              |        |                                  |        |        |               |        |                  |                  |              |
| Eİ                               | -0.214        | <b>0.590</b>  | -0.023 |               |               |               |                                 |                                 |                                 |              |        |                                  |        |        |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.316         | <b>0.002</b>  | 0.914  |               |               |               |                                 |                                 |                                 |              |        |                                  |        |        |               |        |                  |                  |              |
| T                                | -0.106        | -0.190        | -0.338 | <b>-0.574</b> |               |               |                                 |                                 |                                 |              |        |                                  |        |        |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.621         | 0.375         | 0.107  | <b>0.003</b>  |               |               |                                 |                                 |                                 |              |        |                                  |        |        |               |        |                  |                  |              |
| AKM                              | -0.097        | -0.141        | -0.371 | <b>-0.450</b> | <b>0.904</b>  |               |                                 |                                 |                                 |              |        |                                  |        |        |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.651         | 0.512         | 0.074  | <b>0.027</b>  | <b>0.000</b>  |               |                                 |                                 |                                 |              |        |                                  |        |        |               |        |                  |                  |              |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N  | -0.099        | 0.081         | -0.254 | -0.211        | <b>0.744</b>  | <b>0.885</b>  |                                 |                                 |                                 |              |        |                                  |        |        |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.644         | 0.707         | 0.230  | 0.322         | <b>0.000</b>  | <b>0.000</b>  |                                 |                                 |                                 |              |        |                                  |        |        |               |        |                  |                  |              |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N  | 0.028         | 0.041         | -0.005 | 0.256         | 0.288         | 0.228         | 0.331                           |                                 |                                 |              |        |                                  |        |        |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.896         | 0.850         | 0.982  | 0.227         | 0.172         | 0.285         | 0.114                           |                                 |                                 |              |        |                                  |        |        |               |        |                  |                  |              |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N  | -0.074        | <b>0.504</b>  | -0.243 | 0.344         | 0.256         | 0.322         | <b>0.448</b>                    | 0.395                           |                                 |              |        |                                  |        |        |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.730         | <b>0.012</b>  | 0.253  | 0.099         | 0.227         | 0.125         | <b>0.028</b>                    | 0.056                           |                                 |              |        |                                  |        |        |               |        |                  |                  |              |
| TKN                              | -0.341        | <b>0.655</b>  | -0.188 | 0.381         | -0.007        | 0.075         | 0.310                           | 0.154                           | 0.206                           |              |        |                                  |        |        |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.102         | <b>0.001</b>  | 0.378  | 0.066         | 0.976         | 0.727         | 0.140                           | 0.471                           | 0.334                           |              |        |                                  |        |        |               |        |                  |                  |              |
| TN                               | -0.288        | <b>0.585</b>  | -0.170 | <b>0.420</b>  | 0.114         | 0.166         | <b>0.410</b>                    | <b>0.504</b>                    | 0.331                           | <b>0.931</b> |        |                                  |        |        |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.172         | <b>0.003</b>  | 0.426  | <b>0.041</b>  | 0.596         | 0.438         | <b>0.046</b>                    | <b>0.012</b>                    | 0.114                           | <b>0.000</b> |        |                                  |        |        |               |        |                  |                  |              |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | -0.047        | -0.080        | 0.056  | 0.151         | -0.182        | -0.082        | -0.094                          | -0.361                          | -0.198                          | 0.026        | -0.110 |                                  |        |        |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.828         | 0.710         | 0.793  | 0.482         | 0.393         | 0.702         | 0.663                           | 0.083                           | 0.353                           | 0.903        | 0.608  |                                  |        |        |               |        |                  |                  |              |
| MBAS                             | 0.335         | -0.134        | 0.150  | 0.070         | 0.023         | 0.047         | 0.046                           | 0.058                           | -0.155                          | 0.308        | 0.290  | 0.266                            |        |        |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.110         | 0.532         | 0.483  | 0.745         | 0.914         | 0.827         | 0.830                           | 0.789                           | 0.469                           | 0.143        | 0.170  | 0.209                            |        |        |               |        |                  |                  |              |
| KOİ                              | -0.043        | 0.017         | -0.032 | -0.193        | 0.031         | -0.136        | -0.181                          | -0.063                          | 0.068                           | -0.139       | -0.148 | -0.132                           | -0.095 |        |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.840         | 0.938         | 0.880  | 0.366         | 0.886         | 0.525         | 0.397                           | 0.771                           | 0.752                           | 0.516        | 0.491  | 0.540                            | 0.657  |        |               |        |                  |                  |              |
| TH                               | -0.175        | <b>0.525</b>  | -0.035 | <b>0.888</b>  | <b>-0.531</b> | <b>-0.487</b> | -0.305                          | 0.229                           | 0.384                           | 0.135        | 0.194  | -0.025                           | -0.135 | -0.052 |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.413         | <b>0.008</b>  | 0.869  | <b>0.000</b>  | <b>0.008</b>  | <b>0.016</b>  | 0.148                           | 0.281                           | 0.064                           | 0.530        | 0.364  | 0.906                            | 0.529  | 0.810  |               |        |                  |                  |              |
| TOC                              | -0.081        | 0.405         | -0.293 | 0.205         | -0.240        | -0.104        | -0.002                          | <b>-0.423</b>                   | 0.056                           | 0.248        | 0.065  | 0.390                            | 0.144  | -0.164 | 0.181         |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.713         | 0.055         | 0.175  | 0.347         | 0.270         | 0.636         | 0.991                           | <b>0.045</b>                    | 0.799                           | 0.253        | 0.769  | 0.066                            | 0.511  | 0.455  | 0.409         |        |                  |                  |              |
| Mn <sup>2+</sup>                 | -0.053        | -0.103        | -0.260 | <b>-0.472</b> | <b>0.871</b>  | <b>0.937</b>  | <b>0.927</b>                    | 0.262                           | 0.274                           | 0.190        | 0.279  | -0.143                           | 0.068  | -0.046 | <b>-0.516</b> | -0.108 |                  |                  |              |
|                                  | 0.807         | 0.631         | 0.220  | <b>0.020</b>  | <b>0.000</b>  | <b>0.000</b>  | <b>0.000</b>                    | 0.217                           | 0.195                           | 0.373        | 0.186  | 0.504                            | 0.752  | 0.830  | <b>0.010</b>  | 0.624  |                  |                  |              |
| Al <sup>3+</sup>                 | -0.001        | -0.355        | -0.043 | <b>-0.542</b> | <b>0.801</b>  | <b>0.770</b>  | <b>0.790</b>                    | 0.303                           | 0.215                           | -0.147       | -0.003 | -0.114                           | -0.101 | 0.034  | <b>-0.506</b> | -0.272 | <b>0.840</b>     |                  |              |
|                                  | 0.996         | 0.097         | 0.846  | <b>0.007</b>  | <b>0.000</b>  | <b>0.000</b>  | <b>0.000</b>                    | 0.160                           | 0.325                           | 0.504        | 0.990  | 0.605                            | 0.647  | 0.879  | <b>0.014</b>  | 0.209  | <b>0.000</b>     |                  |              |
| T Fe                             | -0.085        | -0.301        | -0.332 | <b>-0.489</b> | <b>0.969</b>  | <b>0.918</b>  | <b>0.727</b>                    | 0.281                           | 0.220                           | -0.009       | 0.109  | -0.094                           | 0.134  | -0.062 | <b>-0.472</b> | -0.217 | <b>0.841</b>     | <b>0.739</b>     |              |
|                                  | 0.707         | 0.173         | 0.131  | <b>0.021</b>  | <b>0.000</b>  | <b>0.000</b>  | <b>0.000</b>                    | 0.205                           | 0.324                           | 0.969        | 0.629  | 0.677                            | 0.552  | 0.785  | <b>0.027</b>  | 0.331  | <b>0.000</b>     | <b>0.000</b>     |              |
| T Cr                             | -0.126        | -0.220        | -0.347 | <b>-0.438</b> | <b>0.957</b>  | <b>0.962</b>  | <b>0.834</b>                    | 0.271                           | 0.256                           | 0.082        | 0.186  | -0.063                           | 0.144  | -0.137 | <b>-0.445</b> | -0.136 | <b>0.908</b>     | <b>0.777</b>     | <b>0.979</b> |
|                                  | 0.577         | 0.324         | 0.113  | <b>0.041</b>  | <b>0.000</b>  | <b>0.000</b>  | <b>0.000</b>                    | 0.223                           | 0.250                           | 0.718        | 0.406  | 0.779                            | 0.521  | 0.542  | <b>0.038</b>  | 0.547  | <b>0.000</b>     | <b>0.000</b>     | <b>0.000</b> |

Tablo 24. Su kalite parametrelerinin H3 (Akçakale) istasyonunda elde edilen değerleri için korelasyon matrisi

|                                  | ÇO                            | t                             | pH                            | Eİ                            | T                            | AKM                          | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | TKN                          | TN              | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | MBAS            | KOİ                          | TH                            | TOC             | Mn <sup>2+</sup>             | Al <sup>3+</sup>             | T Fe                         |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| t                                | <b>-0.572</b><br><b>0.003</b> |                               |                               |                               |                              |                              |                                 |                                 |                                 |                              |                 |                                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| pH                               | <b>0.525</b><br><b>0.008</b>  | <b>-0.505</b><br><b>0.012</b> |                               |                               |                              |                              |                                 |                                 |                                 |                              |                 |                                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| Eİ                               | -0.358<br>0.086               | <b>0.627</b><br><b>0.001</b>  | -0.118<br>0.583               |                               |                              |                              |                                 |                                 |                                 |                              |                 |                                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| T                                | -0.162<br>0.449               | -0.062<br>0.774               | -0.110<br>0.608               | <b>-0.493</b><br><b>0.014</b> |                              |                              |                                 |                                 |                                 |                              |                 |                                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| AKM                              | -0.149<br>0.487               | -0.039<br>0.855               | -0.136<br>0.525               | <b>-0.419</b><br><b>0.042</b> | <b>0.957</b><br><b>0.000</b> |                              |                                 |                                 |                                 |                              |                 |                                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N  | 0.075<br>0.729                | 0.050<br>0.817                | 0.066<br>0.759                | -0.370<br>0.075               | <b>0.714</b><br><b>0.000</b> | <b>0.728</b><br><b>0.000</b> |                                 |                                 |                                 |                              |                 |                                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N  | -0.124<br>0.563               | 0.046<br>0.829                | 0.032<br>0.883                | 0.039<br>0.856                | <b>0.537</b><br><b>0.007</b> | 0.403<br>0.051               | 0.296<br>0.161                  |                                 |                                 |                              |                 |                                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N  | 0.351<br>0.093                | 0.004<br>0.985                | 0.214<br>0.314                | -0.291<br>0.168               | <b>0.477</b><br><b>0.018</b> | 0.356<br>0.088               | <b>0.406</b><br><b>0.049</b>    | <b>0.482</b><br><b>0.017</b>    |                                 |                              |                 |                                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| TKN                              | <b>-0.504</b><br><b>0.012</b> | <b>0.609</b><br><b>0.002</b>  | -0.194<br>0.364               | 0.385<br>0.063                | 0.213<br>0.317               | 0.205<br>0.337               | 0.385<br>0.063                  | 0.255<br>0.230                  | 0.173<br>0.418                  |                              |                 |                                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| TN                               | <b>-0.465</b><br><b>0.022</b> | <b>0.528</b><br><b>0.008</b>  | -0.150<br>0.485               | 0.328<br>0.118                | 0.386<br>0.062               | 0.332<br>0.113               | <b>0.450</b><br><b>0.027</b>    | <b>0.577</b><br><b>0.003</b>    | 0.326<br>0.119                  | <b>0.936</b><br><b>0.000</b> |                 |                                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | -0.201<br>0.346               | 0.048<br>0.823                | <b>-0.420</b><br><b>0.041</b> | -0.371<br>0.074               | 0.247<br>0.245               | 0.237<br>0.265               | 0.116<br>0.591                  | -0.168<br>0.433                 | 0.036<br>0.868                  | -0.068<br>0.751              | -0.115<br>0.594 |                                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| MBAS                             | 0.092<br>0.669                | 0.035<br>0.870                | 0.183<br>0.393                | 0.022<br>0.919                | 0.018<br>0.933               | 0.026<br>0.903               | 0.237<br>0.265                  | -0.066<br>0.758                 | 0.124<br>0.563                  | <b>0.412</b><br><b>0.045</b> | 0.326<br>0.119  | -0.166<br>0.438                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| KOİ                              | -0.015<br>0.944               | -0.103<br>0.630               | -0.039<br>0.856               | -0.264<br>0.213               | 0.143<br>0.504               | -0.048<br>0.825              | 0.079<br>0.712                  | 0.244<br>0.250                  | 0.090<br>0.677                  | -0.195<br>0.360              | -0.074<br>0.730 | 0.001<br>0.998                   | -0.210<br>0.326 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| TH                               | -0.312<br>0.137               | <b>0.540</b><br><b>0.006</b>  | -0.125<br>0.562               | <b>0.878</b><br><b>0.000</b>  | -0.363<br>0.081              | -0.330<br>0.115              | <b>-0.436</b><br><b>0.033</b>   | 0.100<br>0.641                  | -0.260<br>0.220                 | 0.196<br>0.358               | 0.190<br>0.373  | -0.350<br>0.093                  | -0.150<br>0.485 | -0.123<br>0.567              |                               |                 |                              |                              |                              |
| TOC                              | -0.407<br>0.054               | <b>0.486</b><br><b>0.019</b>  | -0.288<br>0.183               | 0.263<br>0.225                | 0.030<br>0.893               | 0.062<br>0.778               | 0.056<br>0.799                  | -0.203<br>0.354                 | -0.170<br>0.439                 | 0.379<br>0.074               | 0.249<br>0.251  | 0.273<br>0.208                   | 0.357<br>0.094  | -0.173<br>0.431              | 0.255<br>0.241                |                 |                              |                              |                              |
| Mn <sup>2+</sup>                 | 0.247<br>0.245                | -0.142<br>0.508               | 0.067<br>0.757                | <b>-0.587</b><br><b>0.003</b> | <b>0.745</b><br><b>0.000</b> | <b>0.764</b><br><b>0.000</b> | <b>0.941</b><br><b>0.000</b>    | 0.200<br>0.350                  | <b>0.447</b><br><b>0.029</b>    | 0.139<br>0.518               | 0.208<br>0.329  | 0.228<br>0.284                   | 0.193<br>0.366  | 0.096<br>0.656               | <b>-0.611</b><br><b>0.002</b> | -0.020<br>0.926 |                              |                              |                              |
| Al <sup>3+</sup>                 | 0.182<br>0.407                | -0.370<br>0.082               | 0.058<br>0.792                | <b>-0.577</b><br><b>0.004</b> | <b>0.676</b><br><b>0.000</b> | <b>0.594</b><br><b>0.003</b> | <b>0.611</b><br><b>0.002</b>    | 0.395<br>0.062                  | 0.363<br>0.088                  | -0.143<br>0.516              | 0.032<br>0.886  | 0.171<br>0.434                   | -0.099<br>0.654 | <b>0.552</b><br><b>0.006</b> | <b>-0.549</b><br><b>0.007</b> | -0.275<br>0.203 | <b>0.721</b><br><b>0.000</b> |                              |                              |
| T Fe                             | -0.162<br>0.472               | -0.093<br>0.679               | 0.035<br>0.875                | -0.343<br>0.119               | <b>0.922</b><br><b>0.000</b> | <b>0.917</b><br><b>0.000</b> | <b>0.666</b><br><b>0.001</b>    | <b>0.434</b><br><b>0.044</b>    | 0.327<br>0.137                  | 0.263<br>0.237               | 0.388<br>0.074  | 0.098<br>0.664                   | 0.198<br>0.376  | 0.028<br>0.900               | -0.187<br>0.405               | 0.131<br>0.560  | <b>0.661</b><br><b>0.001</b> | <b>0.477</b><br><b>0.025</b> |                              |
| T Cr                             | -0.168<br>0.455               | -0.045<br>0.843               | 0.002<br>0.991                | -0.302<br>0.172               | <b>0.919</b><br><b>0.000</b> | <b>0.939</b><br><b>0.000</b> | <b>0.694</b><br><b>0.000</b>    | 0.414<br>0.056                  | 0.310<br>0.160                  | 0.297<br>0.180               | 0.410<br>0.058  | 0.107<br>0.637                   | 0.216<br>0.335  | -0.037<br>0.872              | -0.164<br>0.466               | 0.185<br>0.410  | <b>0.682</b><br><b>0.000</b> | <b>0.462</b><br><b>0.030</b> | <b>0.993</b><br><b>0.000</b> |



Tablo 25. Su kalite parametrelerinin H4 (Gümüşhane) istasyonunda elde edilen değerleri için korelasyon matrisi

|                                  | ÇO                            | t                             | pH                            | Eİ                            | T                            | AKM                          | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | TKN                          | TN                           | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | MBAS                         | KOİ                          | TH                           | TOC                           | Mn <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup>             | T Fe                         |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|
| t                                | <b>-0.871</b><br><b>0.000</b> |                               |                               |                               |                              |                              |                                 |                                 |                                 |                              |                              |                                  |                              |                              |                              |                               |                  |                              |                              |
| pH                               | <b>0.567</b><br><b>0.004</b>  | <b>-0.619</b><br><b>0.001</b> |                               |                               |                              |                              |                                 |                                 |                                 |                              |                              |                                  |                              |                              |                              |                               |                  |                              |                              |
| Eİ                               | <b>-0.775</b><br><b>0.000</b> | <b>0.682</b><br><b>0.000</b>  | -0.280<br>0.185               |                               |                              |                              |                                 |                                 |                                 |                              |                              |                                  |                              |                              |                              |                               |                  |                              |                              |
| T                                | 0.008<br>0.971                | 0.057<br>0.793                | -0.275<br>0.194               | -0.274<br>0.195               |                              |                              |                                 |                                 |                                 |                              |                              |                                  |                              |                              |                              |                               |                  |                              |                              |
| AKM                              | 0.067<br>0.757                | -0.017<br>0.937               | -0.227<br>0.287               | -0.304<br>0.149               | <b>0.922</b><br><b>0.000</b> |                              |                                 |                                 |                                 |                              |                              |                                  |                              |                              |                              |                               |                  |                              |                              |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N  | <b>-0.704</b><br><b>0.000</b> | <b>0.734</b><br><b>0.000</b>  | <b>-0.458</b><br><b>0.024</b> | <b>0.831</b><br><b>0.000</b>  | 0.026<br>0.902               | -0.023<br>0.916              |                                 |                                 |                                 |                              |                              |                                  |                              |                              |                              |                               |                  |                              |                              |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N  | <b>-0.646</b><br><b>0.001</b> | <b>0.578</b><br><b>0.003</b>  | <b>-0.415</b><br><b>0.044</b> | <b>0.820</b><br><b>0.000</b>  | 0.058<br>0.786               | -0.003<br>0.989              | <b>0.847</b><br><b>0.000</b>    |                                 |                                 |                              |                              |                                  |                              |                              |                              |                               |                  |                              |                              |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N  | <b>-0.658</b><br><b>0.000</b> | <b>0.633</b><br><b>0.001</b>  | -0.282<br>0.181               | <b>0.809</b><br><b>0.000</b>  | -0.073<br>0.510              | -0.141<br>0.736              | <b>0.875</b><br><b>0.000</b>    | <b>0.745</b><br><b>0.000</b>    |                                 |                              |                              |                                  |                              |                              |                              |                               |                  |                              |                              |
| TKN                              | <b>-0.663</b><br><b>0.000</b> | <b>0.654</b><br><b>0.001</b>  | -0.275<br>0.193               | <b>0.785</b><br><b>0.000</b>  | -0.055<br>0.799              | -0.092<br>0.668              | <b>0.812</b><br><b>0.000</b>    | <b>0.750</b><br><b>0.000</b>    | <b>0.945</b><br><b>0.000</b>    |                              |                              |                                  |                              |                              |                              |                               |                  |                              |                              |
| TN                               | <b>-0.676</b><br><b>0.000</b> | <b>0.662</b><br><b>0.000</b>  | -0.294<br>0.163               | <b>0.804</b><br><b>0.000</b>  | -0.046<br>0.830              | -0.086<br>0.688              | <b>0.834</b><br><b>0.000</b>    | <b>0.786</b><br><b>0.000</b>    | <b>0.948</b><br><b>0.000</b>    | <b>0.998</b><br><b>0.000</b> |                              |                                  |                              |                              |                              |                               |                  |                              |                              |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | <b>-0.472</b><br><b>0.020</b> | <b>0.435</b><br><b>0.034</b>  | 0.008<br>0.970                | <b>0.698</b><br><b>0.000</b>  | -0.141<br>0.511              | -0.188<br>0.380              | <b>0.662</b><br><b>0.000</b>    | <b>0.446</b><br><b>0.029</b>    | <b>0.787</b><br><b>0.000</b>    | <b>0.764</b><br><b>0.000</b> | <b>0.753</b><br><b>0.000</b> |                                  |                              |                              |                              |                               |                  |                              |                              |
| MBAS                             | <b>-0.533</b><br><b>0.007</b> | <b>0.529</b><br><b>0.008</b>  | -0.292<br>0.166               | <b>0.717</b><br><b>0.000</b>  | -0.003<br>0.990              | -0.066<br>0.758              | <b>0.697</b><br><b>0.000</b>    | <b>0.722</b><br><b>0.000</b>    | <b>0.805</b><br><b>0.000</b>    | <b>0.776</b><br><b>0.000</b> | <b>0.786</b><br><b>0.000</b> | <b>0.583</b><br><b>0.003</b>     |                              |                              |                              |                               |                  |                              |                              |
| KOİ                              | <b>-0.515</b><br><b>0.010</b> | <b>0.492</b><br><b>0.015</b>  | -0.145<br>0.500               | <b>0.647</b><br><b>0.001</b>  | -0.041<br>0.849              | -0.093<br>0.665              | <b>0.597</b><br><b>0.002</b>    | <b>0.625</b><br><b>0.001</b>    | <b>0.848</b><br><b>0.000</b>    | <b>0.897</b><br><b>0.000</b> | <b>0.890</b><br><b>0.000</b> | <b>0.649</b><br><b>0.001</b>     | <b>0.877</b><br><b>0.000</b> |                              |                              |                               |                  |                              |                              |
| TH                               | <b>-0.694</b><br><b>0.000</b> | <b>0.589</b><br><b>0.002</b>  | -0.239<br>0.261               | <b>0.907</b><br><b>0.000</b>  | -0.277<br>0.190              | -0.367<br>0.078              | <b>0.685</b><br><b>0.000</b>    | <b>0.755</b><br><b>0.000</b>    | <b>0.768</b><br><b>0.000</b>    | <b>0.803</b><br><b>0.000</b> | <b>0.814</b><br><b>0.000</b> | <b>0.652</b><br><b>0.001</b>     | <b>0.614</b><br><b>0.001</b> | <b>0.680</b><br><b>0.000</b> |                              |                               |                  |                              |                              |
| TOC                              | <b>-0.465</b><br><b>0.026</b> | <b>0.526</b><br><b>0.010</b>  | -0.128<br>0.562               | <b>0.503</b><br><b>0.014</b>  | -0.061<br>0.783              | -0.097<br>0.660              | 0.368<br>0.084                  | 0.291<br>0.177                  | <b>0.640</b><br><b>0.001</b>    | <b>0.757</b><br><b>0.000</b> | <b>0.732</b><br><b>0.000</b> | <b>0.700</b><br><b>0.000</b>     | <b>0.499</b><br><b>0.015</b> | <b>0.758</b><br><b>0.000</b> | <b>0.645</b><br><b>0.001</b> |                               |                  |                              |                              |
| Mn <sup>2+</sup>                 | -0.298<br>0.157               | <b>0.419</b><br><b>0.042</b>  | -0.325<br>0.121               | 0.358<br>0.086                | <b>0.449</b><br><b>0.028</b> | 0.390<br>0.060               | <b>0.654</b><br><b>0.001</b>    | <b>0.613</b><br><b>0.001</b>    | <b>0.643</b><br><b>0.001</b>    | <b>0.618</b><br><b>0.001</b> | <b>0.630</b><br><b>0.001</b> | 0.361<br>0.083                   | <b>0.779</b><br><b>0.000</b> | <b>0.663</b><br><b>0.000</b> | 0.237<br>0.266               | 0.243<br>0.264                |                  |                              |                              |
| Al <sup>3+</sup>                 | 0.386<br>0.069                | <b>-0.441</b><br><b>0.035</b> | 0.184<br>0.400                | <b>-0.432</b><br><b>0.039</b> | <b>0.625</b><br><b>0.001</b> | <b>0.580</b><br><b>0.004</b> | -0.188<br>0.389                 | -0.087<br>0.692                 | -0.225<br>0.301                 | -0.260<br>0.230              | -0.251<br>0.247              | -0.232<br>0.286                  | -0.211<br>0.333              | -0.222<br>0.309              | -0.412<br>0.051              | <b>-0.444</b><br><b>0.034</b> | 0.214<br>0.328   |                              |                              |
| T Fe                             | 0.116<br>0.608                | -0.121<br>0.590               | -0.174<br>0.438               | -0.377<br>0.084               | <b>0.944</b><br><b>0.000</b> | <b>0.896</b><br><b>0.000</b> | -0.124<br>0.584                 | -0.095<br>0.672                 | -0.301<br>0.174                 | -0.287<br>0.195              | -0.276<br>0.213              | -0.290<br>0.191                  | -0.197<br>0.381              | -0.304<br>0.169              | -0.422<br>0.051              | -0.288<br>0.194               | 0.265<br>0.234   | <b>0.653</b><br><b>0.001</b> |                              |
| T Cr                             | 0.089<br>0.693                | -0.084<br>0.712               | -0.190<br>0.396               | -0.319<br>0.148               | <b>0.956</b><br><b>0.000</b> | <b>0.957</b><br><b>0.000</b> | -0.072<br>0.751                 | -0.059<br>0.795                 | -0.219<br>0.327                 | -0.205<br>0.360              | -0.196<br>0.381              | -0.213<br>0.341                  | -0.124<br>0.583              | -0.215<br>0.337              | -0.381<br>0.081              | -0.194<br>0.387               | 0.329<br>0.135   | <b>0.616</b><br><b>0.002</b> | <b>0.976</b><br><b>0.000</b> |

Tablo 26. Su kalite parametrelerinin H5 (Torul 1) istasyonunda elde edilen değerleri için korelasyon matrisi

|                                  | ÇO                            | t                             | pH              | Eİ                            | T                            | AKM                           | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | TKN                           | TN                           | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | MBAS            | KOİ                          | TH                            | TOC             | Mn <sup>2+</sup>             | Al <sup>3+</sup>             | T Fe                         |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| t                                | -0.404<br>0.050               |                               |                 |                               |                              |                               |                                 |                                 |                                 |                               |                              |                                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| pH                               | <b>0.459</b><br><b>0.024</b>  | -0.246<br>0.246               |                 |                               |                              |                               |                                 |                                 |                                 |                               |                              |                                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| Eİ                               | -0.049<br>0.821               | <b>0.595</b><br><b>0.002</b>  | 0.212<br>0.320  |                               |                              |                               |                                 |                                 |                                 |                               |                              |                                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| T                                | -0.244<br>0.250               | -0.182<br>0.396               | -0.366<br>0.078 | <b>-0.482</b><br><b>0.017</b> |                              |                               |                                 |                                 |                                 |                               |                              |                                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| AKM                              | -0.107<br>0.619               | -0.131<br>0.542               | -0.379<br>0.068 | <b>-0.425</b><br><b>0.039</b> | <b>0.907</b><br><b>0.000</b> |                               |                                 |                                 |                                 |                               |                              |                                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N  | <b>-0.512</b><br><b>0.010</b> | <b>0.641</b><br><b>-0.001</b> | -0.061<br>0.777 | <b>0.441</b><br><b>0.031</b>  | 0.000<br>0.999               | -0.104<br>0.629               |                                 |                                 |                                 |                               |                              |                                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N  | -0.236<br>0.266               | -0.027<br>0.900               | 0.003<br>0.937  | 0.258<br>0.224                | 0.199<br>0.351               | 0.021<br>0.921                | <b>0.523</b><br><b>0.009</b>    |                                 |                                 |                               |                              |                                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N  | 0.131<br>0.542                | -0.318<br>0.130               | 0.006<br>0.978  | -0.167<br>0.436               | 0.218<br>0.305               | 0.121<br>0.572                | -0.089<br>0.680                 | <b>0.431</b><br><b>0.035</b>    |                                 |                               |                              |                                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| TKN                              | -0.126<br>0.556               | <b>0.508</b><br><b>0.011</b>  | 0.111<br>0.604  | 0.309<br>0.141                | 0.010<br>0.964               | 0.069<br>0.749                | <b>0.417</b><br><b>0.043</b>    | -0.202<br>0.343                 | -0.217<br>0.308                 |                               |                              |                                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| TN                               | -0.280<br>0.185               | <b>0.469</b><br><b>0.021</b>  | 0.097<br>0.651  | <b>0.451</b><br><b>0.027</b>  | 0.127<br>0.555               | 0.068<br>0.752                | <b>0.733</b><br><b>0.000</b>    | <b>0.442</b><br><b>0.031</b>    | 0.058<br>0.787                  | <b>0.789</b><br><b>0.000</b>  |                              |                                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | -0.335<br>0.110               | 0.093<br>0.665                | -0.338<br>0.106 | -0.208<br>0.329               | -0.125<br>0.562              | -0.078<br>0.717               | -0.124<br>0.564                 | -0.230<br>0.280                 | -0.261<br>0.219                 | 0.006<br>0.978                | -0.138<br>0.522              |                                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| MBAS                             | 0.325<br>0.121                | -0.043<br>0.843               | 0.246<br>0.247  | 0.348<br>0.096                | -0.133<br>0.536              | -0.212<br>0.320               | 0.138<br>0.520                  | 0.098<br>0.650                  | -0.128<br>0.552                 | 0.154<br>0.472                | 0.202<br>0.344               | -0.229<br>0.281                  |                 |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| KOİ                              | -0.118<br>0.583               | -0.333<br>0.112               | 0.135<br>0.530  | -0.216<br>0.310               | 0.146<br>0.497               | -0.183<br>0.392               | 0.033<br>0.879                  | <b>0.458</b><br><b>0.024</b>    | <b>0.556</b><br><b>0.005</b>    | <b>-0.453</b><br><b>0.026</b> | -0.128<br>0.552              | -0.121<br>0.572                  | 0.033<br>0.879  |                              |                               |                 |                              |                              |                              |
| TH                               | -0.092<br>0.668               | <b>0.488</b><br><b>0.015</b>  | 0.159<br>0.458  | <b>0.886</b><br><b>0.000</b>  | -0.402<br>0.051              | <b>-0.440</b><br><b>0.031</b> | <b>0.548</b><br><b>0.006</b>    | <b>0.543</b><br><b>0.006</b>    | 0.029<br>0.892                  | 0.134<br>0.532                | <b>0.471</b><br><b>0.020</b> | -0.237<br>0.265                  | 0.336<br>0.109  | 0.066<br>0.760               |                               |                 |                              |                              |                              |
| TOC                              | -0.165<br>0.453               | 0.397<br>0.061                | -0.133<br>0.545 | 0.214<br>0.326                | 0.007<br>0.973               | 0.031<br>0.887                | <b>0.472</b><br><b>0.023</b>    | 0.046<br>0.836                  | -0.391<br>0.065                 | 0.274<br>0.206                | 0.293<br>0.174               | -0.081<br>0.713                  | 0.402<br>0.057  | -0.233<br>0.285              | 0.328<br>0.127                |                 |                              |                              |                              |
| Mn <sup>2+</sup>                 | 0.094<br>0.662                | -0.294<br>0.163               | -0.106<br>0.622 | <b>-0.610</b><br><b>0.002</b> | <b>0.698</b><br><b>0.000</b> | <b>0.522</b><br><b>0.009</b>  | -0.070<br>0.744                 | 0.085<br>0.693                  | 0.295<br>0.162                  | -0.123<br>0.567               | -0.062<br>0.772              | -0.167<br>0.435                  | 0.099<br>0.647  | 0.371<br>0.075               | <b>-0.448</b><br><b>0.028</b> | 0.049<br>0.824  |                              |                              |                              |
| Al <sup>3+</sup>                 | 0.095<br>0.666                | <b>-0.498</b><br><b>0.016</b> | 0.088<br>0.691  | <b>-0.556</b><br><b>0.006</b> | <b>0.581</b><br><b>0.004</b> | <b>0.493</b><br><b>0.017</b>  | -0.178<br>0.417                 | 0.162<br>0.459                  | <b>0.469</b><br><b>0.024</b>    | -0.225<br>0.303               | -0.112<br>0.612              | -0.154<br>0.484                  | -0.085<br>0.699 | <b>0.432</b><br><b>0.039</b> | <b>-0.481</b><br><b>0.020</b> | -0.310<br>0.150 | <b>0.638</b><br><b>0.001</b> |                              |                              |
| T Fe                             | -0.133<br>0.555               | -0.278<br>0.211               | -0.302<br>0.172 | <b>-0.462</b><br><b>0.030</b> | <b>0.981</b><br><b>0.000</b> | <b>0.940</b><br><b>0.000</b>  | -0.094<br>0.677                 | 0.114<br>0.612                  | 0.213<br>0.340                  | 0.081<br>0.720                | 0.132<br>0.557               | -0.168<br>0.455                  | -0.058<br>0.797 | 0.024<br>0.914               | -0.422<br>0.050               | 0.013<br>0.953  | <b>0.662</b><br><b>0.001</b> | <b>0.546</b><br><b>0.009</b> |                              |
| T Cr                             | -0.118<br>0.600               | -0.210<br>0.348               | -0.400<br>0.065 | -0.401<br>0.065               | <b>0.953</b><br><b>0.000</b> | <b>0.965</b><br><b>0.000</b>  | -0.054<br>0.812                 | 0.134<br>0.551                  | 0.143<br>0.527                  | 0.057<br>0.801                | 0.125<br>0.579               | -0.125<br>0.579                  | -0.024<br>0.915 | -0.049<br>0.829              | -0.372<br>0.088               | 0.084<br>0.709  | <b>0.623</b><br><b>0.002</b> | <b>0.548</b><br><b>0.008</b> | <b>0.957</b><br><b>0.000</b> |

Tablo 27. Su kalite parametrelerinin H6 (Torul 2) istasyonunda elde edilen değerleri için korelasyon matrisi

|                                  | ÇO                            | t                             | pH                            | Eİ                            | T                             | AKM                           | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | TKN                          | TN              | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | MBAS                         | KOİ             | TH              | TOC             | Mn <sup>2+</sup>             | Al <sup>3+</sup>             | T Fe                         |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------|----------------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| t                                | <b>-0.804</b><br><b>0.000</b> |                               |                               |                               |                               |                               |                                 |                                 |                                 |                              |                 |                                  |                              |                 |                 |                 |                              |                              |                              |
| pH                               | <b>0.432</b><br><b>0.035</b>  | -0.313<br>0.136               |                               |                               |                               |                               |                                 |                                 |                                 |                              |                 |                                  |                              |                 |                 |                 |                              |                              |                              |
| Eİ                               | <b>-0.449</b><br><b>0.028</b> | <b>0.436</b><br><b>0.033</b>  | 0.245<br>0.249                |                               |                               |                               |                                 |                                 |                                 |                              |                 |                                  |                              |                 |                 |                 |                              |                              |                              |
| T                                | -0.018<br>0.933               | -0.112<br>0.604               | <b>-0.424</b><br><b>0.039</b> | <b>-0.422</b><br><b>0.040</b> |                               |                               |                                 |                                 |                                 |                              |                 |                                  |                              |                 |                 |                 |                              |                              |                              |
| AKM                              | 0.002<br>0.992                | -0.140<br>0.515               | -0.403<br>0.051               | <b>-0.499</b><br><b>0.013</b> | <b>0.962</b><br><b>0.000</b>  |                               |                                 |                                 |                                 |                              |                 |                                  |                              |                 |                 |                 |                              |                              |                              |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N  | <b>-0.412</b><br><b>0.045</b> | <b>0.548</b><br><b>0.006</b>  | -0.097<br>0.652               | 0.173<br>0.419                | 0.155<br>0.471                | 0.066<br>0.759                |                                 |                                 |                                 |                              |                 |                                  |                              |                 |                 |                 |                              |                              |                              |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N  | 0.003<br>0.988                | -0.259<br>0.222               | 0.326<br>0.121                | 0.225<br>0.291                | 0.047<br>0.828                | -0.040<br>0.853               | 0.355<br>0.089                  |                                 |                                 |                              |                 |                                  |                              |                 |                 |                 |                              |                              |                              |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N  | -0.080<br>0.710               | -0.181<br>0.398               | 0.075<br>0.727                | 0.280<br>0.185                | 0.227<br>0.286                | 0.251<br>0.237                | -0.100<br>0.643                 | 0.401<br>0.052                  |                                 |                              |                 |                                  |                              |                 |                 |                 |                              |                              |                              |
| TKN                              | -0.309<br>0.142               | <b>0.522</b><br><b>0.009</b>  | -0.049<br>0.819               | 0.331<br>0.114                | -0.031<br>0.885               | -0.021<br>0.923               | <b>0.434</b><br><b>0.034</b>    | -0.344<br>0.100                 | -0.148<br>0.489                 |                              |                 |                                  |                              |                 |                 |                 |                              |                              |                              |
| TN                               | -0.328<br>0.118               | <b>0.410</b><br><b>0.046</b>  | 0.124<br>0.564                | <b>0.466</b><br><b>0.022</b>  | 0.000<br>0.999                | -0.040<br>0.852               | <b>0.675</b><br><b>0.000</b>    | 0.212<br>0.320                  | 0.065<br>0.763                  | <b>0.844</b><br><b>0.000</b> |                 |                                  |                              |                 |                 |                 |                              |                              |                              |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | -0.216<br>0.311               | 0.188<br>0.379                | 0.035<br>0.872                | 0.377<br>0.069                | 0.101<br>0.638                | 0.009<br>0.966                | <b>0.548</b><br><b>0.006</b>    | <b>0.616</b><br><b>0.001</b>    | 0.254<br>0.231                  | -0.069<br>0.749              | 0.289<br>0.171  |                                  |                              |                 |                 |                 |                              |                              |                              |
| MBAS                             | -0.191<br>0.371               | 0.334<br>0.110                | 0.053<br>0.806                | <b>0.659</b><br><b>0.000</b>  | -0.112<br>0.604               | -0.229<br>0.281               | 0.072<br>0.739                  | -0.040<br>0.851                 | 0.103<br>0.632                  | 0.302<br>0.151               | 0.287<br>0.173  | 0.308<br>0.143                   |                              |                 |                 |                 |                              |                              |                              |
| KOİ                              | 0.199<br>0.352                | -0.285<br>0.178               | 0.316<br>0.133                | 0.020<br>0.927                | 0.004<br>0.986                | -0.048<br>0.824               | 0.088<br>0.683                  | 0.398<br>0.054                  | <b>0.434</b><br><b>0.034</b>    | -0.275<br>0.194              | -0.058<br>0.788 | 0.326<br>0.120                   | 0.163<br>0.446               |                 |                 |                 |                              |                              |                              |
| TH                               | -0.401<br>0.052               | 0.311<br>0.139                | 0.215<br>0.313                | <b>0.870</b><br><b>0.000</b>  | <b>-0.410</b><br><b>0.046</b> | <b>-0.504</b><br><b>0.012</b> | 0.287<br>0.173                  | <b>0.475</b><br><b>0.019</b>    | 0.311<br>0.139                  | 0.041<br>0.850               | 0.313<br>0.137  | <b>0.483</b><br><b>0.017</b>     | <b>0.506</b><br><b>0.012</b> | 0.276<br>0.192  |                 |                 |                              |                              |                              |
| TOC                              | -0.213<br>0.329               | <b>0.463</b><br><b>0.026</b>  | -0.246<br>0.258               | -0.023<br>0.917               | 0.000<br>0.999                | -0.025<br>0.910               | 0.318<br>0.139                  | -0.301<br>0.163                 | <b>-0.492</b><br><b>0.017</b>   | 0.130<br>0.554               | -0.023<br>0.917 | -0.016<br>0.942                  | 0.128<br>0.562               | -0.243<br>0.264 | 0.043<br>0.845  |                 |                              |                              |                              |
| Mn <sup>2+</sup>                 | 0.005<br>0.983                | 0.129<br>0.548                | -0.078<br>0.716               | -0.226<br>0.288               | 0.384<br>0.064                | 0.300<br>0.154                | <b>0.424</b><br><b>0.039</b>    | 0.083<br>0.700                  | -0.021<br>0.924                 | 0.220<br>0.301               | 0.286<br>0.175  | 0.175<br>0.413                   | -0.113<br>0.598              | 0.106<br>0.620  | -0.223<br>0.295 | 0.034<br>0.877  |                              |                              |                              |
| Al <sup>3+</sup>                 | 0.408<br>0.053                | <b>-0.440</b><br><b>0.035</b> | -0.085<br>0.701               | <b>-0.536</b><br><b>0.008</b> | <b>0.695</b><br><b>0.000</b>  | <b>0.672</b><br><b>0.000</b>  | 0.052<br>0.812                  | 0.107<br>0.628                  | 0.207<br>0.344                  | -0.192<br>0.379              | -0.135<br>0.541 | 0.119<br>0.589                   | -0.259<br>0.234              | 0.273<br>0.207  | -0.400<br>0.058 | -0.162<br>0.460 | <b>0.437</b><br><b>0.037</b> |                              |                              |
| T Fe                             | 0.141<br>0.532                | -0.315<br>0.153               | -0.366<br>0.093               | <b>-0.425</b><br><b>0.049</b> | <b>0.951</b><br><b>0.000</b>  | <b>0.924</b><br><b>0.000</b>  | 0.126<br>0.577                  | 0.095<br>0.674                  | 0.233<br>0.296                  | 0.024<br>0.916               | 0.083<br>0.713  | 0.020<br>0.928                   | -0.185<br>0.411              | -0.014<br>0.952 | -0.394<br>0.070 | -0.069<br>0.760 | 0.284<br>0.200               | <b>0.717</b><br><b>0.000</b> |                              |
| T Cr                             | 0.036<br>0.874                | -0.213<br>0.341               | -0.402<br>0.064               | -0.340<br>0.121               | <b>0.924</b><br><b>0.000</b>  | <b>0.907</b><br><b>0.000</b>  | 0.169<br>0.452                  | 0.084<br>0.709                  | 0.198<br>0.376                  | 0.078<br>0.730               | 0.134<br>0.553  | -0.001<br>0.997                  | -0.182<br>0.418              | -0.101<br>0.654 | -0.298<br>0.178 | 0.038<br>0.866  | 0.269<br>0.226               | <b>0.652</b><br><b>0.001</b> | <b>0.969</b><br><b>0.000</b> |

Tablo 28. Su kalite parametrelerinin H7 (Torul HES) istasyonunda elde edilen değerleri için korelasyon matrisi

|                                  | ÇO                           | t                             | pH              | Eİ                           | T                            | AKM                           | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | TKN                           | TN                           | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | MBAS                         | KOİ            | TH                            | TOC                          | Mn <sup>2+</sup>             | Al <sup>3+</sup>             | T Fe                         |
|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| t                                | -0.379<br>0.068              |                               |                 |                              |                              |                               |                                 |                                 |                                 |                               |                              |                                  |                              |                |                               |                              |                              |                              |                              |
| pH                               | <b>0.605</b><br><b>0.002</b> | 0.106<br>0.622                |                 |                              |                              |                               |                                 |                                 |                                 |                               |                              |                                  |                              |                |                               |                              |                              |                              |                              |
| Eİ                               | 0.300<br>0.154               | <b>-0.761</b><br><b>0.000</b> | 0.258<br>0.224  |                              |                              |                               |                                 |                                 |                                 |                               |                              |                                  |                              |                |                               |                              |                              |                              |                              |
| T                                | 0.339<br>0.105               | -0.097<br>0.653               | -0.003<br>0.990 | 0.028<br>0.898               |                              |                               |                                 |                                 |                                 |                               |                              |                                  |                              |                |                               |                              |                              |                              |                              |
| AKM                              | -0.204<br>0.340              | 0.294<br>0.163                | -0.053<br>0.805 | -0.195<br>0.360              | <b>0.562</b><br><b>0.004</b> |                               |                                 |                                 |                                 |                               |                              |                                  |                              |                |                               |                              |                              |                              |                              |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N  | <b>0.477</b><br><b>0.018</b> | -0.379<br>0.067               | -0.065<br>0.764 | 0.031<br>0.887               | 0.404<br>0.050               | 0.026<br>0.905                |                                 |                                 |                                 |                               |                              |                                  |                              |                |                               |                              |                              |                              |                              |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N  | 0.221<br>0.298               | <b>-0.632</b><br><b>0.001</b> | -0.022<br>0.920 | <b>0.590</b><br><b>0.002</b> | <b>0.615</b><br><b>0.001</b> | 0.401<br>0.052                | 0.266<br>0.208                  |                                 |                                 |                               |                              |                                  |                              |                |                               |                              |                              |                              |                              |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N  | -0.321<br>0.127              | -0.010<br>0.962               | -0.280<br>0.184 | -0.006<br>0.979              | 0.099<br>0.646               | <b>0.470</b><br><b>0.020</b>  | 0.246<br>0.247                  | 0.108<br>0.614                  |                                 |                               |                              |                                  |                              |                |                               |                              |                              |                              |                              |
| TKN                              | -0.027<br>0.900              | <b>0.457</b><br><b>0.025</b>  | 0.015<br>0.943  | -0.332<br>0.113              | 0.273<br>0.197               | 0.345<br>0.099                | 0.244<br>0.251                  | -0.157<br>0.464                 | 0.194<br>0.364                  |                               |                              |                                  |                              |                |                               |                              |                              |                              |                              |
| TN                               | 0.138<br>0.521               | -0.058<br>0.787               | -0.003<br>0.988 | 0.127<br>0.554               | <b>0.656</b><br><b>0.000</b> | <b>0.563</b><br><b>0.004</b>  | 0.404<br>0.050                  | <b>0.558</b><br><b>0.005</b>    | 0.241<br>0.258                  | <b>0.732</b><br><b>0.000</b>  |                              |                                  |                              |                |                               |                              |                              |                              |                              |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | <b>0.459</b><br><b>0.024</b> | <b>-0.406</b><br><b>0.049</b> | 0.054<br>0.803  | 0.105<br>0.627               | -0.171<br>0.425              | <b>-0.470</b><br><b>0.021</b> | <b>0.640</b><br><b>0.001</b>    | -0.108<br>0.614                 | 0.021<br>0.923                  | -0.195<br>0.361               | -0.225<br>0.290              |                                  |                              |                |                               |                              |                              |                              |                              |
| MBAS                             | 0.352<br>0.092               | -0.341<br>0.103               | 0.103<br>0.633  | <b>0.472</b><br><b>0.020</b> | 0.291<br>0.167               | -0.033<br>0.880               | 0.394<br>0.057                  | 0.268<br>0.206                  | 0.056<br>0.796                  | 0.316<br>0.132                | <b>0.454</b><br><b>0.026</b> | 0.148<br>0.491                   |                              |                |                               |                              |                              |                              |                              |
| KOİ                              | 0.002<br>0.991               | -0.186<br>0.384               | -0.075<br>0.729 | 0.005<br>0.983               | 0.099<br>0.644               | -0.034<br>0.875               | 0.260<br>0.220                  | 0.086<br>0.690                  | 0.209<br>0.328                  | -0.265<br>0.211               | -0.158<br>0.462              | 0.344<br>0.100                   | 0.009<br>0.966               |                |                               |                              |                              |                              |                              |
| TH                               | 0.129<br>0.548               | <b>-0.688</b><br><b>0.000</b> | 0.133<br>0.537  | <b>0.861</b><br><b>0.000</b> | 0.122<br>0.570               | 0.009<br>0.965                | -0.130<br>0.544                 | <b>0.707</b><br><b>0.000</b>    | 0.025<br>0.908                  | <b>-0.518</b><br><b>0.010</b> | 0.049<br>0.820               | -0.095<br>0.659                  | 0.245<br>0.249               | 0.244<br>0.250 |                               |                              |                              |                              |                              |
| TOC                              | 0.357<br>0.094               | 0.083<br>0.708                | 0.120<br>0.584  | -0.278<br>0.199              | 0.017<br>0.938               | -0.305<br>0.157               | <b>0.584</b><br><b>0.003</b>    | -0.325<br>0.130                 | -0.106<br>0.630                 | 0.083<br>0.707                | -0.142<br>0.517              | <b>0.496</b><br><b>0.016</b>     | 0.350<br>0.101               | 0.139<br>0.526 | <b>-0.419</b><br><b>0.047</b> |                              |                              |                              |                              |
| Mn <sup>2+</sup>                 | <b>0.472</b><br><b>0.020</b> | -0.323<br>0.124               | -0.053<br>0.807 | 0.016<br>0.941               | <b>0.518</b><br><b>0.009</b> | 0.058<br>0.790                | <b>0.933</b><br><b>0.000</b>    | 0.360<br>0.084                  | 0.134<br>0.532                  | 0.333<br>0.112                | <b>0.540</b><br><b>0.006</b> | <b>0.462</b><br><b>0.023</b>     | <b>0.425</b><br><b>0.039</b> | 0.194<br>0.364 | -0.106<br>0.623               | <b>0.516</b><br><b>0.012</b> |                              |                              |                              |
| Al <sup>3+</sup>                 | 0.215<br>0.325               | <b>-0.424</b><br><b>0.044</b> | -0.319<br>0.138 | 0.057<br>0.797               | 0.278<br>0.198               | 0.043<br>0.845                | <b>0.776</b><br><b>0.000</b>    | 0.263<br>0.226                  | 0.105<br>0.632                  | -0.009<br>0.968               | 0.186<br>0.395               | <b>0.569</b><br><b>0.005</b>     | 0.349<br>0.102               | 0.286<br>0.186 | -0.030<br>0.891               | 0.347<br>0.105               | <b>0.660</b><br><b>0.001</b> |                              |                              |
| T Fe                             | 0.104<br>0.645               | -0.066<br>0.772               | -0.067<br>0.767 | 0.010<br>0.965               | <b>0.764</b><br><b>0.000</b> | <b>0.802</b><br><b>0.000</b>  | <b>0.436</b><br><b>0.043</b>    | <b>0.659</b><br><b>0.001</b>    | 0.337<br>0.125                  | 0.283<br>0.202                | <b>0.714</b><br><b>0.000</b> | -0.204<br>0.363                  | <b>0.526</b><br><b>0.012</b> | 0.156<br>0.487 | 0.177<br>0.430                | -0.063<br>0.779              | <b>0.533</b><br><b>0.011</b> | <b>0.427</b><br><b>0.047</b> |                              |
| T Cr                             | 0.207<br>0.356               | -0.055<br>0.809               | -0.160<br>0.476 | -0.129<br>0.566              | <b>0.611</b><br><b>0.003</b> | <b>0.471</b><br><b>0.027</b>  | <b>0.661</b><br><b>0.001</b>    | 0.385<br>0.077                  | 0.124<br>0.581                  | 0.384<br>0.078                | <b>0.611</b><br><b>0.003</b> | 0.144<br>0.521                   | <b>0.758</b><br><b>0.000</b> | 0.094<br>0.679 | -0.131<br>0.561               | 0.230<br>0.302               | <b>0.734</b><br><b>0.000</b> | <b>0.682</b><br><b>0.000</b> | <b>0.832</b><br><b>0.000</b> |

Tablo 29. Su kalite parametrelerinin H8 (Kürtün) istasyonunda elde edilen değerleri için korelasyon matrisi

|                                  | ÇO           | t             | pH            | Eİ            | T             | AKM           | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | TKN          | TN           | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | MBAS   | KOİ           | TH            | TOC    | Mn <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup> | T Fe         |
|----------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------|--------------|----------------------------------|--------|---------------|---------------|--------|------------------|------------------|--------------|
| t                                | 0.247        |               |               |               |               |               |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |               |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.244        |               |               |               |               |               |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |               |               |        |                  |                  |              |
| pH                               | <b>0.531</b> | 0.361         |               |               |               |               |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |               |               |        |                  |                  |              |
|                                  | <b>0.008</b> | 0.083         |               |               |               |               |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |               |               |        |                  |                  |              |
| Eİ                               | 0.218        | <b>0.699</b>  | <b>0.592</b>  |               |               |               |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |               |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.306        | <b>0.000</b>  | <b>0.002</b>  |               |               |               |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |               |               |        |                  |                  |              |
| T                                | -0.228       | -0.227        | -0.385        | <b>-0.449</b> |               |               |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |               |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.284        | 0.286         | 0.063         | <b>0.028</b>  |               |               |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |               |               |        |                  |                  |              |
| AKM                              | -0.248       | -0.226        | <b>-0.609</b> | <b>-0.495</b> | <b>0.851</b>  |               |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |               |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.243        | 0.287         | <b>0.002</b>  | <b>0.014</b>  | <b>0.000</b>  |               |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |               |               |        |                  |                  |              |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N  | 0.082        | -0.178        | -0.209        | -0.143        | <b>0.447</b>  | <b>0.556</b>  |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |               |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.704        | 0.404         | 0.327         | 0.504         | <b>0.028</b>  | <b>0.005</b>  |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |               |               |        |                  |                  |              |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N  | -0.292       | -0.089        | -0.220        | 0.072         | -0.011        | 0.051         | -0.011                          |                                 |                                 |              |              |                                  |        |               |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.167        | 0.680         | 0.301         | 0.737         | 0.958         | 0.814         | 0.958                           |                                 |                                 |              |              |                                  |        |               |               |        |                  |                  |              |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N  | -0.223       | -0.346        | -0.286        | -0.309        | <b>0.705</b>  | <b>0.651</b>  | <b>0.577</b>                    | 0.191                           |                                 |              |              |                                  |        |               |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.296        | 0.098         | 0.175         | 0.141         | <b>0.000</b>  | <b>0.001</b>  | <b>0.003</b>                    | 0.372                           |                                 |              |              |                                  |        |               |               |        |                  |                  |              |
| TKN                              | <b>0.428</b> | <b>0.482</b>  | 0.347         | 0.319         | 0.284         | 0.137         | 0.314                           | <b>-0.500</b>                   | 0.059                           |              |              |                                  |        |               |               |        |                  |                  |              |
|                                  | <b>0.037</b> | <b>0.017</b>  | 0.097         | 0.129         | 0.179         | 0.523         | 0.135                           | <b>0.013</b>                    | 0.786                           |              |              |                                  |        |               |               |        |                  |                  |              |
| TN                               | 0.146        | 0.396         | 0.129         | 0.390         | 0.282         | 0.196         | 0.320                           | <b>0.479</b>                    | 0.255                           | <b>0.521</b> |              |                                  |        |               |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.496        | 0.055         | 0.547         | 0.059         | 0.182         | 0.358         | 0.127                           | <b>0.018</b>                    | 0.229                           | <b>0.009</b> |              |                                  |        |               |               |        |                  |                  |              |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | -0.235       | -0.311        | -0.346        | -0.097        | -0.146        | 0.094         | 0.316                           | 0.312                           | 0.402                           | -0.357       | -0.048       |                                  |        |               |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.270        | 0.140         | 0.098         | 0.652         | 0.495         | 0.662         | 0.133                           | 0.138                           | 0.052                           | 0.087        | 0.822        |                                  |        |               |               |        |                  |                  |              |
| MBAS                             | 0.235        | -0.169        | 0.155         | 0.132         | 0.023         | 0.034         | 0.116                           | 0.097                           | -0.079                          | 0.226        | 0.325        | -0.248                           |        |               |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.268        | 0.429         | 0.470         | 0.538         | 0.915         | 0.875         | 0.589                           | 0.651                           | 0.715                           | 0.288        | 0.121        | 0.243                            |        |               |               |        |                  |                  |              |
| KOİ                              | -0.187       | <b>-0.420</b> | <b>-0.427</b> | <b>-0.697</b> | 0.385         | 0.397         | 0.126                           | -0.115                          | 0.238                           | -0.179       | -0.291       | -0.046                           | -0.055 |               |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.381        | <b>0.041</b>  | <b>0.038</b>  | <b>0.000</b>  | 0.064         | 0.054         | 0.558                           | 0.593                           | 0.263                           | 0.404        | 0.168        | 0.830                            | 0.799  |               |               |        |                  |                  |              |
| TH                               | 0.035        | <b>0.714</b>  | <b>0.448</b>  | <b>0.928</b>  | <b>-0.472</b> | <b>-0.499</b> | -0.169                          | 0.266                           | -0.292                          | 0.163        | <b>0.423</b> | 0.034                            | -0.013 | <b>-0.613</b> |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.872        | <b>0.000</b>  | <b>0.028</b>  | <b>0.000</b>  | <b>0.020</b>  | <b>0.013</b>  | 0.431                           | 0.210                           | 0.167                           | 0.447        | <b>0.040</b> | 0.876                            | 0.953  | <b>0.001</b>  |               |        |                  |                  |              |
| TOC                              | 0.098        | 0.174         | 0.299         | 0.321         | -0.284        | -0.246        | 0.164                           | <b>-0.454</b>                   | <b>-0.467</b>                   | 0.254        | -0.188       | -0.255                           | 0.159  | -0.325        | 0.216         |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.657        | 0.427         | 0.166         | 0.135         | 0.189         | 0.258         | 0.456                           | <b>0.030</b>                    | <b>0.024</b>                    | 0.243        | 0.391        | 0.241                            | 0.469  | 0.130         | 0.322         |        |                  |                  |              |
| Mn <sup>2+</sup>                 | -0.039       | -0.267        | <b>-0.458</b> | <b>-0.446</b> | <b>0.638</b>  | <b>0.768</b>  | <b>0.614</b>                    | -0.174                          | <b>0.678</b>                    | 0.235        | 0.075        | <b>0.438</b>                     | -0.080 | 0.331         | <b>-0.464</b> | -0.189 |                  |                  |              |
|                                  | 0.856        | 0.206         | <b>0.024</b>  | <b>0.029</b>  | <b>0.001</b>  | <b>0.000</b>  | <b>0.001</b>                    | 0.417                           | <b>0.000</b>                    | 0.269        | 0.727        | <b>0.032</b>                     | 0.709  | 0.114         | <b>0.022</b>  | 0.388  |                  |                  |              |
| Al <sup>3+</sup>                 | -0.302       | <b>-0.414</b> | <b>-0.491</b> | -0.371        | <b>0.437</b>  | <b>0.502</b>  | <b>0.632</b>                    | -0.152                          | <b>0.551</b>                    | 0.128        | -0.011       | 0.399                            | -0.007 | 0.333         | -0.374        | 0.005  | <b>0.680</b>     |                  |              |
|                                  | 0.162        | <b>0.050</b>  | <b>0.017</b>  | 0.082         | <b>0.037</b>  | <b>0.015</b>  | <b>0.001</b>                    | 0.488                           | <b>0.006</b>                    | 0.561        | 0.959        | 0.059                            | 0.976  | 0.120         | 0.079         | 0.983  | <b>0.000</b>     |                  |              |
| T Fe                             | -0.231       | -0.375        | <b>-0.472</b> | <b>-0.478</b> | <b>0.948</b>  | <b>0.914</b>  | <b>0.596</b>                    | 0.015                           | <b>0.813</b>                    | 0.232        | 0.256        | 0.081                            | 0.180  | 0.381         | <b>-0.515</b> | -0.250 | <b>0.800</b>     | <b>0.585</b>     |              |
|                                  | 0.302        | 0.086         | <b>0.027</b>  | <b>0.025</b>  | <b>0.000</b>  | <b>0.000</b>  | <b>0.003</b>                    | 0.947                           | <b>0.000</b>                    | 0.299        | 0.251        | 0.721                            | 0.422  | 0.080         | <b>0.014</b>  | 0.263  | <b>0.000</b>     | <b>0.004</b>     |              |
| T Cr                             | -0.209       | -0.294        | <b>-0.428</b> | <b>-0.438</b> | <b>0.974</b>  | <b>0.856</b>  | <b>0.543</b>                    | -0.076                          | <b>0.738</b>                    | 0.331        | 0.265        | -0.043                           | 0.134  | 0.380         | <b>-0.484</b> | -0.214 | <b>0.747</b>     | <b>0.572</b>     | <b>0.973</b> |
|                                  | 0.351        | 0.184         | <b>0.047</b>  | <b>0.041</b>  | <b>0.000</b>  | <b>0.000</b>  | <b>0.009</b>                    | 0.738                           | <b>0.000</b>                    | 0.132        | 0.234        | 0.850                            | 0.553  | 0.081         | <b>0.023</b>  | 0.339  | <b>0.000</b>     | <b>0.005</b>     | <b>0.000</b> |

Tablo 30. Su kalite parametrelerinin H9 (Doğankent) istasyonunda elde edilen değerleri için korelasyon matrisi

|                                  | ÇO                            | t                             | pH                           | Eİ                            | T                            | AKM                          | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | TKN                          | TN                            | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | MBAS           | KOİ                          | TH              | TOC             | Mn <sup>2+</sup>             | Al <sup>3+</sup>             | T Fe                         |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------|------------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| t                                | <b>-0.755</b><br><b>0.000</b> |                               |                              |                               |                              |                              |                                 |                                 |                                 |                              |                               |                                  |                |                              |                 |                 |                              |                              |                              |
| pH                               | <b>0.674</b><br><b>0.000</b>  | <b>-0.536</b><br><b>0.007</b> |                              |                               |                              |                              |                                 |                                 |                                 |                              |                               |                                  |                |                              |                 |                 |                              |                              |                              |
| Eİ                               | <b>0.607</b><br><b>0.002</b>  | <b>-0.514</b><br><b>0.010</b> | <b>0.678</b><br><b>0.000</b> |                               |                              |                              |                                 |                                 |                                 |                              |                               |                                  |                |                              |                 |                 |                              |                              |                              |
| T                                | -0.088<br>0.681               | 0.050<br>0.818                | -0.247<br>0.245              | -0.397<br>0.055               |                              |                              |                                 |                                 |                                 |                              |                               |                                  |                |                              |                 |                 |                              |                              |                              |
| AKM                              | -0.126<br>0.556               | 0.096<br>0.655                | -0.253<br>0.233              | -0.388<br>0.061               | <b>0.987</b><br><b>0.000</b> |                              |                                 |                                 |                                 |                              |                               |                                  |                |                              |                 |                 |                              |                              |                              |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N  | 0.199<br>0.351                | -0.030<br>0.891               | -0.034<br>0.873              | -0.232<br>0.274               | <b>0.871</b><br><b>0.000</b> | <b>0.844</b><br><b>0.000</b> |                                 |                                 |                                 |                              |                               |                                  |                |                              |                 |                 |                              |                              |                              |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N  | 0.164<br>0.445                | -0.389<br>0.060               | -0.015<br>0.946              | -0.221<br>0.299               | <b>0.510</b><br><b>0.011</b> | <b>0.513</b><br><b>0.010</b> | 0.351<br>0.093                  |                                 |                                 |                              |                               |                                  |                |                              |                 |                 |                              |                              |                              |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N  | -0.118<br>0.583               | 0.041<br>0.850                | -0.208<br>0.328              | <b>-0.454</b><br><b>0.026</b> | 0.278<br>0.188               | 0.304<br>0.148               | 0.191<br>0.372                  | 0.358<br>0.085                  |                                 |                              |                               |                                  |                |                              |                 |                 |                              |                              |                              |
| TKN                              | -0.026<br>0.905               | <b>0.421</b><br><b>0.040</b>  | 0.005<br>0.980               | 0.037<br>0.863                | 0.076<br>0.724               | 0.060<br>0.780               | 0.136<br>0.527                  | -0.373<br>0.072                 | -0.163<br>0.448                 |                              |                               |                                  |                |                              |                 |                 |                              |                              |                              |
| TN                               | 0.143<br>0.506                | -0.054<br>0.803               | -0.011<br>0.961              | -0.190<br>0.373               | <b>0.570</b><br><b>0.004</b> | <b>0.560</b><br><b>0.004</b> | <b>0.462</b><br><b>0.023</b>    | <b>0.692</b><br><b>0.000</b>    | 0.227<br>0.286                  | <b>0.411</b><br><b>0.046</b> |                               |                                  |                |                              |                 |                 |                              |                              |                              |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | 0.002<br>0.992                | -0.011<br>0.959               | -0.033<br>0.878              | -0.276<br>0.191               | <b>0.706</b><br><b>0.000</b> | <b>0.692</b><br><b>0.000</b> | <b>0.650</b><br><b>0.001</b>    | 0.335<br>0.110                  | 0.371<br>0.075                  | 0.025<br>0.907               | 0.356<br>0.088                |                                  |                |                              |                 |                 |                              |                              |                              |
| MBAS                             | 0.261<br>0.218                | -0.257<br>0.226               | 0.235<br>0.268               | <b>0.415</b><br><b>0.044</b>  | 0.044<br>0.837               | 0.027<br>0.899               | 0.031<br>0.886                  | 0.102<br>0.635                  | -0.075<br>0.729                 | 0.366<br>0.079               | 0.383<br>0.065                | 0.013<br>0.951                   |                |                              |                 |                 |                              |                              |                              |
| KOİ                              | 0.381<br>0.066                | -0.257<br>0.225               | 0.098<br>0.649               | -0.047<br>0.827               | 0.399<br>0.054               | 0.370<br>0.075               | <b>0.522</b><br><b>0.009</b>    | 0.220<br>0.303                  | 0.276<br>0.191                  | -0.226<br>0.288              | 0.047<br>0.826                | 0.198<br>0.355                   | 0.045<br>0.834 |                              |                 |                 |                              |                              |                              |
| TH                               | <b>0.620</b><br><b>0.001</b>  | <b>-0.638</b><br><b>0.001</b> | <b>0.568</b><br><b>0.004</b> | <b>0.889</b><br><b>0.000</b>  | -0.334<br>0.111              | -0.328<br>0.118              | -0.206<br>0.333                 | -0.052<br>0.810                 | -0.294<br>0.163                 | -0.291<br>0.168              | <b>-0.279</b><br><b>0.187</b> | -0.310<br>0.140                  | 0.249<br>0.242 | 0.145<br>0.498               |                 |                 |                              |                              |                              |
| TOC                              | 0.353<br>0.098                | -0.020<br>0.929               | 0.054<br>0.808               | 0.185<br>0.397                | 0.165<br>0.452               | 0.108<br>0.625               | <b>0.414</b><br><b>0.050</b>    | -0.215<br>0.324                 | -0.249<br>0.252                 | 0.411<br>0.052               | 0.119<br>0.588                | 0.180<br>0.411                   | 0.397<br>0.060 | 0.097<br>0.659               | -0.004<br>0.987 |                 |                              |                              |                              |
| Mn <sup>2+</sup>                 | 0.068<br>0.753                | -0.028<br>0.896               | -0.184<br>0.390              | -0.366<br>0.078               | <b>0.912</b><br><b>0.000</b> | <b>0.887</b><br><b>0.000</b> | <b>0.635</b><br><b>0.001</b>    | <b>0.440</b><br><b>0.031</b>    | 0.302<br>0.152                  | 0.134<br>0.531               | <b>0.548</b><br><b>0.006</b>  | <b>0.673</b><br><b>0.000</b>     | 0.050<br>0.817 | <b>0.455</b><br><b>0.025</b> | -0.323<br>0.124 | 0.302<br>0.162  |                              |                              |                              |
| Al <sup>3+</sup>                 | 0.114<br>0.603                | -0.377<br>0.076               | -0.008<br>0.969              | -0.220<br>0.313               | <b>0.768</b><br><b>0.000</b> | <b>0.733</b><br><b>0.000</b> | <b>0.954</b><br><b>0.000</b>    | <b>0.511</b><br><b>0.013</b>    | <b>0.416</b><br><b>0.048</b>    | -0.176<br>0.421              | 0.374<br>0.078                | <b>0.787</b><br><b>0.000</b>     | 0.074<br>0.738 | <b>0.422</b><br><b>0.045</b> | -0.090<br>0.683 | -0.079<br>0.719 | <b>0.725</b><br><b>0.000</b> |                              |                              |
| T Fe                             | -0.091<br>0.687               | 0.047<br>0.834                | -0.238<br>0.287              | -0.378<br>0.082               | <b>0.983</b><br><b>0.000</b> | <b>0.991</b><br><b>0.000</b> | <b>0.861</b><br><b>0.000</b>    | <b>0.564</b><br><b>0.006</b>    | 0.261<br>0.240                  | 0.044<br>0.844               | <b>0.613</b><br><b>0.002</b>  | <b>0.644</b><br><b>0.001</b>     | 0.179<br>0.425 | 0.389<br>0.073               | -0.281<br>0.205 | 0.128<br>0.571  | <b>0.897</b><br><b>0.000</b> | <b>0.712</b><br><b>0.000</b> |                              |
| T Cr                             | -0.064<br>0.777               | 0.041<br>0.855                | -0.256<br>0.250              | -0.392<br>0.072               | <b>0.993</b><br><b>0.000</b> | <b>0.985</b><br><b>0.000</b> | <b>0.889</b><br><b>0.000</b>    | <b>0.525</b><br><b>0.012</b>    | 0.268<br>0.228                  | 0.117<br>0.603               | <b>0.632</b><br><b>0.002</b>  | <b>0.716</b><br><b>0.000</b>     | 0.299<br>0.176 | 0.396<br>0.068               | -0.321<br>0.146 | 0.208<br>0.352  | <b>0.933</b><br><b>0.000</b> | <b>0.750</b><br><b>0.000</b> | <b>0.983</b><br><b>0.000</b> |

Tablo 31. Su kalite parametrelerinin H10 (Tirebolu) istasyonunda elde edilen değerleri için korelasyon matrisi

|                                  | ÇO            | t             | pH            | Eİ            | T             | AKM          | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | TKN          | TN           | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | MBAS   | KOİ          | TH            | TOC    | Mn <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup> | T Fe         |
|----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------|--------------|----------------------------------|--------|--------------|---------------|--------|------------------|------------------|--------------|
| t                                | <b>-0.418</b> |               |               |               |               |              |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |              |               |        |                  |                  |              |
|                                  | <b>0.042</b>  |               |               |               |               |              |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |              |               |        |                  |                  |              |
| pH                               | <b>0.688</b>  | -0.338        |               |               |               |              |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |              |               |        |                  |                  |              |
|                                  | <b>0.000</b>  | 0.106         |               |               |               |              |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |              |               |        |                  |                  |              |
| Eİ                               | <b>0.405</b>  | -0.248        | <b>0.653</b>  |               |               |              |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |              |               |        |                  |                  |              |
|                                  | <b>0.050</b>  | 0.242         | <b>0.001</b>  |               |               |              |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |              |               |        |                  |                  |              |
| T                                | -0.079        | -0.227        | <b>-0.456</b> | <b>-0.566</b> |               |              |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |              |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.714         | 0.286         | <b>0.025</b>  | <b>0.004</b>  |               |              |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |              |               |        |                  |                  |              |
| AKM                              | 0.049         | -0.200        | -0.256        | -0.292        | <b>0.757</b>  |              |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |              |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.820         | 0.348         | 0.228         | 0.166         | <b>0.000</b>  |              |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |              |               |        |                  |                  |              |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N  | 0.317         | -0.261        | -0.017        | -0.298        | <b>0.685</b>  | <b>0.574</b> |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |              |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.131         | 0.217         | 0.936         | 0.158         | <b>0.000</b>  | <b>0.003</b> |                                 |                                 |                                 |              |              |                                  |        |              |               |        |                  |                  |              |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N  | 0.082         | <b>-0.591</b> | -0.066        | -0.150        | <b>0.681</b>  | 0.331        | <b>0.532</b>                    |                                 |                                 |              |              |                                  |        |              |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.702         | <b>0.002</b>  | 0.759         | 0.483         | <b>0.000</b>  | 0.114        | <b>0.007</b>                    |                                 |                                 |              |              |                                  |        |              |               |        |                  |                  |              |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N  | <b>-0.518</b> | 0.363         | <b>-0.407</b> | -0.121        | -0.012        | -0.052       | 0.026                           | -0.145                          |                                 |              |              |                                  |        |              |               |        |                  |                  |              |
|                                  | <b>0.010</b>  | 0.082         | <b>0.049</b>  | 0.575         | 0.955         | 0.811        | 0.902                           | 0.499                           |                                 |              |              |                                  |        |              |               |        |                  |                  |              |
| TKN                              | -0.300        | <b>0.525</b>  | -0.285        | 0.002         | -0.123        | -0.035       | -0.024                          | -0.367                          | <b>0.840</b>                    |              |              |                                  |        |              |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.154         | <b>0.008</b>  | 0.176         | 0.994         | 0.568         | 0.870        | 0.911                           | 0.078                           | <b>0.000</b>                    |              |              |                                  |        |              |               |        |                  |                  |              |
| TN                               | -0.178        | -0.094        | -0.304        | -0.139        | <b>0.525</b>  | 0.279        | <b>0.476</b>                    | <b>0.606</b>                    | <b>0.584</b>                    | <b>0.517</b> |              |                                  |        |              |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.406         | 0.661         | 0.149         | 0.517         | <b>0.008</b>  | 0.187        | <b>0.019</b>                    | <b>0.002</b>                    | <b>0.003</b>                    | <b>0.010</b> |              |                                  |        |              |               |        |                  |                  |              |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P | <b>-0.420</b> | 0.188         | -0.382        | -0.106        | 0.118         | 0.033        | 0.187                           | 0.073                           | <b>0.910</b>                    | <b>0.741</b> | <b>0.701</b> |                                  |        |              |               |        |                  |                  |              |
|                                  | <b>0.041</b>  | 0.378         | 0.065         | 0.621         | 0.582         | 0.878        | 0.381                           | 0.733                           | <b>0.000</b>                    | <b>0.000</b> | <b>0.000</b> |                                  |        |              |               |        |                  |                  |              |
| MBAS                             | 0.198         | 0.329         | -0.042        | 0.232         | -0.147        | -0.121       | -0.146                          | -0.190                          | 0.150                           | 0.291        | 0.073        | 0.200                            |        |              |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.354         | 0.117         | 0.845         | 0.275         | 0.493         | 0.574        | 0.495                           | 0.373                           | 0.485                           | 0.167        | 0.734        | 0.349                            |        |              |               |        |                  |                  |              |
| KOİ                              | -0.100        | -0.201        | -0.322        | -0.229        | <b>0.428</b>  | 0.278        | 0.375                           | 0.281                           | <b>0.438</b>                    | 0.227        | <b>0.455</b> | <b>0.479</b>                     | 0.018  |              |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.640         | 0.347         | 0.125         | 0.282         | <b>0.037</b>  | 0.188        | 0.071                           | 0.183                           | <b>0.032</b>                    | 0.285        | <b>0.026</b> | <b>0.018</b>                     | 0.935  |              |               |        |                  |                  |              |
| TH                               | 0.340         | -0.390        | <b>0.548</b>  | <b>0.868</b>  | <b>-0.521</b> | -0.385       | -0.363                          | 0.001                           | -0.213                          | -0.203       | -0.176       | -0.190                           | 0.036  | -0.196       |               |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.104         | 0.060         | <b>0.006</b>  | <b>0.000</b>  | <b>0.009</b>  | 0.064        | 0.082                           | 0.997                           | 0.317                           | 0.341        | 0.410        | 0.375                            | 0.866  | 0.359        |               |        |                  |                  |              |
| TOC                              | 0.229         | 0.169         | -0.121        | 0.059         | 0.087         | 0.196        | 0.178                           | -0.248                          | -0.025                          | 0.296        | 0.035        | 0.076                            | 0.366  | 0.121        | -0.225        |        |                  |                  |              |
|                                  | 0.293         | 0.441         | 0.584         | 0.788         | 0.692         | 0.370        | 0.416                           | 0.255                           | 0.910                           | 0.170        | 0.873        | 0.730                            | 0.086  | 0.582        | 0.302         |        |                  |                  |              |
| Mn <sup>2+</sup>                 | 0.117         | -0.328        | -0.300        | -0.328        | <b>0.814</b>  | <b>0.592</b> | <b>0.760</b>                    | <b>0.705</b>                    | -0.129                          | -0.191       | <b>0.489</b> | 0.049                            | -0.019 | 0.390        | -0.359        | 0.261  |                  |                  |              |
|                                  | 0.585         | 0.117         | 0.154         | 0.117         | <b>0.000</b>  | <b>0.002</b> | <b>0.000</b>                    | <b>0.000</b>                    | 0.547                           | 0.371        | <b>0.015</b> | 0.819                            | 0.931  | 0.060        | 0.085         | 0.229  |                  |                  |              |
| Al <sup>3+</sup>                 | -0.124        | -0.227        | -0.207        | -0.408        | <b>0.512</b>  | <b>0.538</b> | 0.402                           | 0.355                           | 0.179                           | -0.097       | 0.241        | 0.332                            | 0.002  | <b>0.505</b> | -0.279        | -0.262 | 0.294            |                  |              |
|                                  | 0.573         | 0.298         | 0.343         | 0.053         | <b>0.013</b>  | <b>0.008</b> | 0.057                           | 0.097                           | 0.415                           | 0.658        | 0.268        | 0.122                            | 0.995  | <b>0.014</b> | 0.198         | 0.227  | 0.174            |                  |              |
| T Fe                             | 0.032         | -0.330        | -0.338        | <b>-0.497</b> | <b>0.946</b>  | <b>0.843</b> | <b>0.755</b>                    | <b>0.716</b>                    | -0.060                          | -0.157       | <b>0.521</b> | 0.126                            | -0.126 | 0.364        | <b>-0.460</b> | 0.073  | <b>0.828</b>     | <b>0.621</b>     |              |
|                                  | 0.889         | 0.134         | 0.123         | <b>0.019</b>  | <b>0.000</b>  | <b>0.000</b> | <b>0.000</b>                    | <b>0.000</b>                    | 0.791                           | 0.486        | <b>0.013</b> | 0.577                            | 0.577  | 0.096        | <b>0.031</b>  | 0.746  | <b>0.000</b>     | <b>0.002</b>     |              |
| T Cr                             | 0.000         | -0.279        | -0.361        | <b>-0.493</b> | <b>0.940</b>  | <b>0.883</b> | <b>0.732</b>                    | <b>0.655</b>                    | -0.056                          | -0.117       | <b>0.501</b> | 0.124                            | -0.128 | 0.346        | <b>-0.468</b> | 0.127  | <b>0.799</b>     | <b>0.616</b>     | <b>0.990</b> |
|                                  | 1.000         | 0.209         | 0.099         | <b>0.020</b>  | <b>0.000</b>  | <b>0.000</b> | <b>0.000</b>                    | <b>0.001</b>                    | 0.804                           | 0.605        | <b>0.018</b> | 0.582                            | 0.571  | 0.115        | <b>0.028</b>  | 0.574  | <b>0.000</b>     | <b>0.002</b>     | <b>0.000</b> |

### 3.2. Regresyon Analizi Bulguları

AKM konsantrasyonu değerlerinin tahmin edilmesi için regresyon analizleri yapılmıştır. Regresyon analizleriyle, bulanıklık, toplam demir ve toplam krom konsantrasyonlarının AKM konsantrasyonuna olan etkileri de incelenmiştir.

AKM konsantrasyonu için Bölüm 2.9’da bahsedilen fonksiyon türleri kullanılarak yapılan regresyon analizlerinde, farklı bağımsız değişken durumundaki uygun fonksiyon türleri belirlenmiş ve hesaplanan determinasyon katsayıları (korelasyon katsayısının karesi,  $R^2$ ) Tablo 32’de verilmiştir.

Tablo 32. AKM konsantrasyonu için bağımsız değişkenlere göre determinasyon katsayıları

| Model No | Bağımsız değişken durumu |            | Uygun fonksiyon türü | Determinasyon katsayısı ( $R^2$ ) |
|----------|--------------------------|------------|----------------------|-----------------------------------|
|          | Bulunma                  | Bulunmama  |                      |                                   |
| 1        | T                        | T Cr, T Fe | kübik                | 0.813                             |
| 2        | T Cr                     | T, T Fe    | kübik                | 0.789                             |
| 3        | T Fe                     | T, T Cr    | kübik                | 0.824                             |
| 4        | T Fe, T Cr               | T          | üs                   | 0.804                             |
| 5        | T, T Cr                  | T Fe       | artış                | 0.875                             |
| 6        | T, T Fe                  | T Cr       | artış                | 0.835                             |
| 7        | T, T Fe, T Cr            | -          | artış                | <b>0.876</b>                      |

Tablo 32 incelendiğinde, en büyük determinasyon katsayısı 0.876 değeri ile Model 7’den elde edildiği görülmektedir. Bağımsız değişken sayısının azalması ile determinasyon katsayısında da bir azalma görüldüğü belirlenmiştir.

Her bir model için en büyük determinasyon katsayılarını veren fonksiyonlar için regresyon katsayıları, Tablo 33’de verilmektedir.

Tablo 33’deki değerlere göre, en büyük determinasyon katsayısına sahip Model 7 için elde edilen denklem şu şekildedir:

$$AKM = \exp (3.405 + 0.002 T + 0.042 T Fe + 5.318 T Cr) \quad (21)$$



Tablo 33. AKM konsantrasyonu için elde edilen regresyon katsayıları

| Model No | Uygun fonksiyon türü | Katsayılar     |                |                |                        |
|----------|----------------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
|          |                      | b <sub>0</sub> | b <sub>1</sub> | b <sub>2</sub> | b <sub>3</sub>         |
| 1        | Kübik                | 15.383         | 0.036          | 0.003          | -2.263*10 <sup>6</sup> |
| 2        | Kübik                | 1.122          | 1053.972       | 2743.952       | 4721.486               |
| 3        | Kübik                | 27.098         | -16.833        | 17.016         | -1.050                 |
| 4        | Üs                   | 21.417         | -              | 1.384          | -0.057                 |
| 5        | Artış                | 3.423          | 0.002          | -              | 6.346                  |
| 6        | Artış                | 3.440          | 0.001          | 0.226          | -                      |
| 7        | Artış                | <b>3.405</b>   | <b>0.002</b>   | <b>0.042</b>   | <b>5.318</b>           |

### 3.3. YSA Model Bulguları

YSA analizinde; deneme takımı için elde edilen en küçük hata değerleri, farklı değişken durumları için Tablo 34’te verilmektedir. Deneme takımı için en küçük hata değeri, Model 7’den elde edilmiştir.

Tablo 34. Farklı modeller için en iyi sonucu veren YSA özellikleri

| Model No | Ara katman eleman sayısı | Öğrenme katsayısı | Momentum katsayısı | Yineleme sayısı | Eğitim hatası* | Deneme hatası* | Deneme KHOK (mg/L) | Deneme MHO (mg/L) |
|----------|--------------------------|-------------------|--------------------|-----------------|----------------|----------------|--------------------|-------------------|
| 1        | 3                        | 0.25              | 1.00               | 46              | 0.9219         | 0.0152         | 22.22              | 13.88             |
| 2        | 3                        | 1.00              | 0.10               | 142             | 0.9053         | 0.0148         | 21.98              | 13.00             |
| 3        | 2                        | 0.50              | 0.10               | 73              | 0.9735         | 0.0159         | 22.71              | 14.92             |
| 4        | 5                        | 0.10              | 1.00               | 13901           | 0.1230         | 0.0145         | 21.75              | 15.18             |
| 5        | 2                        | 0.10              | 0.10               | 32              | 0.6914         | 0.0147         | 21.85              | 12.84             |
| 6        | 8                        | 0.10              | 1.00               | 11              | 0.7293         | 0.0137         | 21.10              | 11.55             |
| 7        | 8                        | 1.00              | 0.75               | 20000           | 0.1242         | 0.0128         | 20.38              | 11.67             |

\* Denklem 12 yardımıyla hesaplanmıştır

En iyi sonucu veren YSA ve regresyon analizinden elde edilen AKM konsantrasyonu bulguları ile filtrasyon bulguları, deneme takımı için Tablo 35'te, doğrulama takımı için ise Tablo 36'da verilmektedir.

Tablo 35. Deneme takımı için elde edilen değerler (mg AKM / L)

| Örnek No | Filtrasyon | YSA   | Regresyon |
|----------|------------|-------|-----------|
| H1-03    | 82.2       | 98.5  | 61.3      |
| H1-10    | 7.6        | 11.1  | 36.4      |
| H1-17    | 82.0       | 126.9 | 102.1     |
| H1-24    | 57.2       | 53.0  | 49.9      |
| H2-06    | 56.4       | 37.6  | 42.7      |
| H2-15    | 14.2       | 12.0  | 35.1      |
| H2-17    | 59.6       | 80.2  | 64.6      |
| H2-23    | 5.4        | 12.7  | 33.7      |
| H3-04    | 93.4       | 98.8  | 77.2      |
| H3-07    | 34.6       | 24.7  | 38.9      |
| H3-12    | 3.6        | 6.1   | 34.8      |
| H3-22    | 28.4       | 28.5  | 39.7      |
| H4-04    | 81.4       | 79.8  | 66.4      |
| H4-11    | 25.2       | 27.2  | 40.3      |
| H4-20    | 43         | 51.5  | 48.8      |
| H4-23    | 11.2       | 19.4  | 35.6      |
| H5-06    | 175        | 98.5  | 72.1      |
| H5-11    | 8.0        | 8.6   | 34.8      |
| H5-18    | 39.4       | 46.7  | 48.7      |
| H5-23    | 9.6        | 18.7  | 35.2      |
| H6-07    | 32.8       | 33.1  | 33.6      |
| H6-11    | 11.4       | 9.9   | 36.7      |
| H6-21    | 70.8       | 76.8  | 61.3      |
| H6-24    | 126.2      | 103.5 | 77.5      |

Tablo 36. Doğrulama takımı için elde edilen değerler (mg AKM / L)

| Örnek No | Filtrasyon | YSA   | Regresyon |
|----------|------------|-------|-----------|
| H1-07    | 18.4       | 8.8   | 35.1      |
| H1-14    | 79.4       | 112.2 | 92.6      |
| H2-04    | 16.4       | 19.7  | 38.6      |
| H2-21    | 20.2       | 16.9  | 35.5      |
| H3-08    | 12.4       | 7.6   | 34.3      |
| H3-18    | 62.0       | 47.3  | 47.0      |
| H4-07    | 23.2       | 11.7  | 35.5      |
| H4-14    | 115.2      | 131.3 | 106.9     |
| H5-08    | 13.2       | 6.9   | 33.9      |
| H5-22    | 26.8       | 33.8  | 39.4      |
| H6-18    | 38.0       | 49.6  | 49.4      |
| H6-22    | 54.4       | 57.1  | 52.7      |

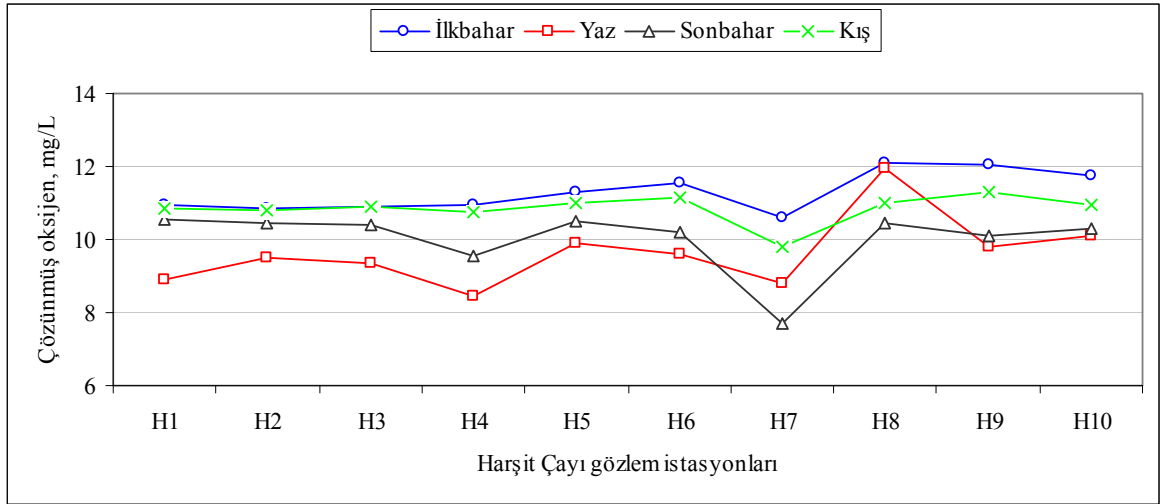
## 4. İRDELEME

### 4.1. Arazi ve Laboratuvar Çalışmalarından Elde Edilen Bulguların İrdelenmesi

#### 4.1.1. Çözünmüş Oksijenin Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi

Şekil 43'te görüldüğü üzere, en düşük ÇO konsantrasyonları, mevsimsel sıcaklık farklarının etkisi ile yaz aylarında gerçekleşmiş olup, H1 istasyonunda ortalama 8.90 mg/L ile başlayıp H5 istasyonunda 9.92 mg/L değerine ulaşmıştır. Torul Barajı membaında en düşük değer, atıksu deşarjı ve azalan debi etkisi ile ortalama 8.47 mg/L olarak H4 istasyonunda gerçekleşmiştir. H6 istasyonunda 9.59 mg/L olan bu değer, Torul Barajı'nın etkisiyle H7 istasyonunda 8.78 mg/L'ye düşmüştür. Torul Barajı su seviyesi ile su alma yapısı arasındaki kot farkının bu azalmada etkisi olduğu düşünülmektedir. Çünkü oksijen doygunluk yüzdesi suyun derinliklerinde gittikçe azalır. Her metre derinlikte oksijen doygunluk yüzdesinin % 10 azaldığı da bilinmektedir. Kürtün Barajı mansabındaki H8 istasyonunda 11.94 mg/L ÇO konsantrasyonu ile tüm istasyonlar içerisindeki en yüksek değer belirlenmiştir. Bu değer akarsu sıcaklığının daha düşük olduğu sonbahar ve hatta kış aylarında, yine aynı istasyonda tespit edilen ÇO konsantrasyonu değerlerinden (Şekil 43) dahi yüksektir ve aşırı bir doygunluk söz konusudur. Bu durum kendisini, beklentilerin aksine ÇO ile t arasındaki ilişkinin pozitif olduğu  $R = 0.247$  değeri (Tablo 29) ile de göstermektedir. Akarsuyun bu bölümünde su içinde yürüyen fotosentez olayları sonucunda oluşan oksijen suyun oksijen ile doygun hale gelmesini sağlamaktadır. Su içinde çözünmüş olarak bulunabilen doygun oksijen konsantrasyonu, suyun sıcaklığının yanı sıra su ile temas halinde bulunan havadaki oksijenin kısmı basıncına da bağlıdır.

Yaz mevsiminden sonra, mevsim sıcaklıklarının düşüşü ile birlikte ÇO konsantrasyonları yükselmeye başlamıştır. En düşük sıcaklıklar kış mevsiminde gerçekleşmesine rağmen, en yüksek ÇO konsantrasyonları ilkbahar mevsiminde tespit edilmiştir. Torul Barajı membaında, H1 istasyonunda 10.96 mg/L ile başlayıp H6 istasyonunda 11.57 mg/L değerine ulaşmıştır. Torul Barajı'nın etkisiyle bu değer 10.62 mg/L'ye gerilemiştir. Kürtün Barajı mansabındaki H8 istasyonunda 12.09 mg/L değeri ile tüm istasyonlar içerisindeki en yüksek değeri almıştır. Harşit Çayı'nın Karadeniz'e döküldüğü son istasyon olan Tirebolu'da bu değer 11.77 mg/L olmuştur.



Şekil 43. Çözünmüş oksijen konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi

SKKY'ye göre bir değerlendirme yapıldığında, Harşit Çayı'nın I. Sınıf için önerilen 8 mg/L'lik alt sınır değerinin üzerinde bir ÇO konsantrasyonuna sahip olduğu görülmektedir (Şekil 43). Tablo 37'de her bir istasyon için mevsimsel bir sınıflandırma yapılmaktadır.

Tablo 37. SKKY'ye göre ÇO konsantrasyonu değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması

| İstasyonlar | * : I. sınıf | ** : II. sınıf | *** : III. sınıf | **** : IV. sınıf |
|-------------|--------------|----------------|------------------|------------------|
|             | İlkbahar     | Yaz            | Sonbahar         | Kış              |
| H1          | *            | *              | *                | *                |
| H2          | *            | *              | *                | *                |
| H3          | *            | *              | *                | *                |
| H4          | *            | *              | *                | *                |
| H5          | *            | *              | *                | *                |
| H6          | *            | *              | *                | *                |
| H7          | *            | *              | **               | *                |
| H8          | *            | *              | *                | *                |
| H9          | *            | *              | *                | *                |
| H10         | *            | *              | *                | *                |

SKKY'ye göre I. Sınıf için önerilen 8 mg/L'lik sınır değerin altındaki konsantrasyon değerleri ile sadece H4 istasyonunda, atıksu deşarjı ve azalan debi etkisiyle 12. ve 13. çalışmalarda (sırasıyla 7.86 ve 7.85 mg/L) ve H7 istasyonunda Torul Barajı su seviyesi ile su alma yapısı arasındaki kot farkından dolayı 10., 13., 15., 16. ve 17. çalışmalarda (sırasıyla 6.34, 6.50, 6.33, 7.65 ve 7.30 mg/L) karşılaşılmıştır. Ancak SKKY'de "Göller, Göletler, Bataklıklar ve Baraj Haznelerinin Ötrofikasyon Kontrolü Sınır Değerleri" tablosunda, çeşitli kullanımlar için verilen 5 mg/L'lik ÇO konsantrasyonu dikkate alındığında, Torul HES mansabındaki H7 istasyonunda sonbahar mevsiminde belirlenen 7.72 mg/L'lik ÇO konsantrasyonun yeterli olduğu anlaşılmaktadır (Tablo 38).

Tablo 38. ÇO konsantrasyonu değerlerinin baraj hazneleri için sınıflandırılması

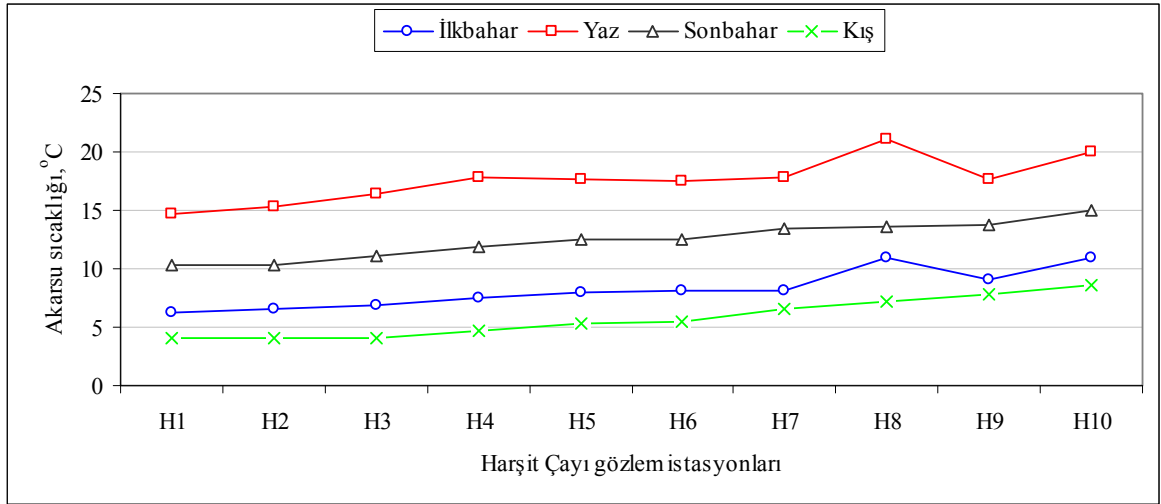
| İstasyonlar | * : > 5 mg ÇO/L |     | ** : ≤ 5 mg ÇO/L |     |
|-------------|-----------------|-----|------------------|-----|
|             | İlkbahar        | Yaz | Sonbahar         | Kış |
| H7          | *               | *   | *                | *   |
| H8          | *               | *   | *                | *   |

#### 4.1.2. Su Sıcaklığının Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi

Yüzeysel suların sıcaklıkları doğal olarak iklime göre belirlendiği için en düşük t değerleri, Şekil 44'te görüldüğü üzere kış mevsiminde gerçekleşmiş olup, 1274 m kotundaki H1 istasyonunda ortalama 4.0 °C iken akarsu boyunca kot farkından dolayı sürekli artarak 4m kotundaki H10 istasyonunda 8.7 °C değerine ulaşmıştır. En düşük t değerleriyle, 05.02.2010 tarihinde gerçekleştirilen 23. çalışmada karşılaşılmıştır.

En yüksek t değerleri ise doğal olarak yaz aylarında gerçekleşmiş olup, H1 istasyonunda ortalama 14.7 °C iken akarsu boyunca artarak H10 istasyonunda 20.0 °C'ye ulaşmıştır. Torul Barajı membaında en yüksek değer 17.9 °C olarak atıksu deşarjının yapıldığı H4 istasyonunda, Torul Barajı mansabında ise en yüksek değer 21.1 °C olarak H8 istasyonunda gerçekleşmiştir.

Su sıcaklığındaki mevsimsel değişim, Kış < İlkbahar < Sonbahar < Yaz şeklinde gerçekleşmiş ve her bir mevsim için sıcaklık farkları sırasıyla 4.6, 4.7, 4.7 ve 4.7 °C olarak ortaya çıkmıştır.



Şekil 44. Su sıcaklığının akarsu boyunca mevsimsel değişimi

SKKY'ye göre bir değerlendirme yapıldığında Harşit Çayı'nın I. sınıf için önerilen 25 °C'lik sınır değerinin altında sıcaklık değerlerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 44). Tablo 39'da her bir istasyon için mevsimsel bir sınıflandırma yapılmaktadır.

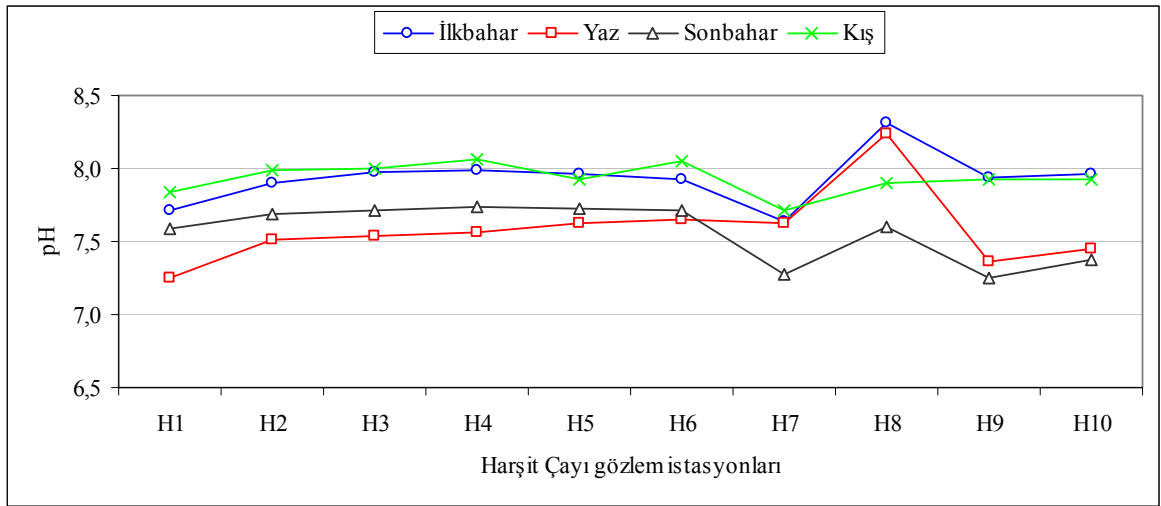
Tablo 39. SKKY'ye göre t değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması

| İstasyonlar | * : I. sınıf | ** : II. sınıf | *** : III. sınıf | **** : IV. sınıf |
|-------------|--------------|----------------|------------------|------------------|
|             | İlkbahar     | Yaz            | Sonbahar         | Kış              |
| H1          | *            | *              | *                | *                |
| H2          | *            | *              | *                | *                |
| H3          | *            | *              | *                | *                |
| H4          | *            | *              | *                | *                |
| H5          | *            | *              | *                | *                |
| H6          | *            | *              | *                | *                |
| H7          | *            | *              | *                | *                |
| H8          | *            | *              | *                | *                |
| H9          | *            | *              | *                | *                |
| H10         | *            | *              | *                | *                |

### 4.1.3. pH'nın Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi

En düşük pH değerleri, Torul Barajı membaında kalan istasyonlarda yaz mevsiminde gerçekleşmiş olup, H1 istasyonunda ortalama 7.25 iken akarsu boyunca sürekli artarak H6 istasyonunda 7.65 değerine ulaşmıştır (Şekil 45). Torul Barajı mansabında kalan istasyonlarda ise en düşük pH değerleri sonbahar mevsiminde gerçekleşmiş olup, H7 istasyonunda ortalama 7.28 iken H10 istasyonunda 7.38 olduğu belirlenmiştir.

Yaz mevsiminin bitimiyle birlikte Torul Barajı membaında kalan istasyonlardaki pH değerlerinde sürekli bir artış gözlemlenmiş ve en yüksek değerler de kış mevsiminde tespit edilmiştir. H1 istasyonunda ortalama 7.71 olan pH değeri akarsu boyunca artarak H4 istasyonunda 7.99 değerine ulaşmıştır. Kürtün Barajı mansabında kalan istasyonlarda (H8, H9 ve H10) ise en yüksek pH değerleri ilkbahar mevsiminde belirlenmiştir (Şekil 45).



Şekil 45. pH'nın akarsu boyunca mevsimsel değişimi

SKKY'ye göre bir değerlendirme yapıldığında, Harşit Çayı'nın I. Sınıf için önerilen 6.5-8.5'lik pH aralığının içinde kaldığı görülmektedir (sadece H8 istasyonunda, 4. ve 6. çalışmalarda 8.5 sınırını aşan 8.63 ve 8.51 değerleri ile karşılaşmıştır). Tablo 40'da her bir istasyon için mevsimsel bir sınıflandırma yapılmaktadır.

Gerek İTASHY'de gerekse TS 266'da Sınıf 2 ve Tip 2 için önerilen pH aralığı 6.5-9.5 olup aynı zamanda EC (1998) tarafından aynı parametre için önerilen değer ile uyumluluk gösterdiği, dolayısıyla Harşit Çayı'nın bu değerleri karşıladığı anlaşılmaktadır. US EPA (2009) ve WHO (2004) tarafından pH için önerilen bir değer mevcut değildir.



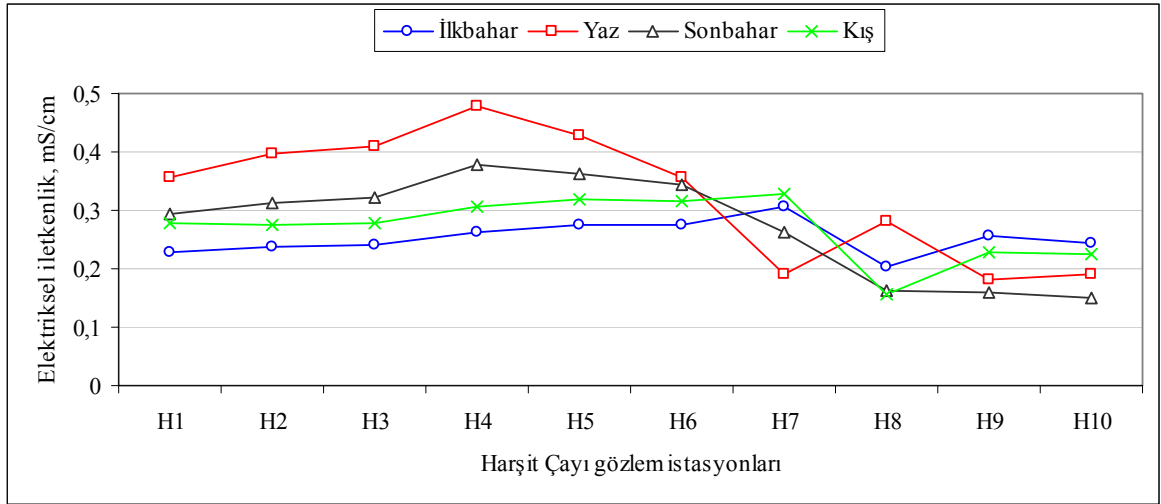
Tablo 40. SKKY'ye göre pH değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması

| İstasyonlar | * : I. sınıf | ** : II. sınıf | *** : III. sınıf | **** : IV. sınıf |
|-------------|--------------|----------------|------------------|------------------|
|             | İlkbahar     | Yaz            | Sonbahar         | Kış              |
| H1          | *            | *              | *                | *                |
| H2          | *            | *              | *                | *                |
| H3          | *            | *              | *                | *                |
| H4          | *            | *              | *                | *                |
| H5          | *            | *              | *                | *                |
| H6          | *            | *              | *                | *                |
| H7          | *            | *              | *                | *                |
| H8          | *            | *              | *                | *                |
| H9          | *            | *              | *                | *                |
| H10         | *            | *              | *                | *                |

#### 4.1.4. Elektriksel İletkenliğin Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi

En düşük Eİ değerleri, Şekil 46'da görüldüğü üzere Torul Barajı membaında kalan istasyonlarda, ilkbahar mevsiminde gerçekleşmiş olup, H1 istasyonunda ortalama 0.230 mS/cm iken akarsu boyunca sürekli artarak H5 istasyonunda 0.276 mS/cm değerine ulaşmıştır. Torul Barajı mansabında akarsu boyunca gözlemlenen en yüksek değer ortalama 0.306 mS/cm ile H7 istasyonunda olup (aynı zamanda mevsimin en yüksek değeri olarak ortaya çıkmıştır), H10 istasyonunda 0.244 mS/cm olarak gerçekleşmiştir.

En yüksek Eİ değerleri, yine Torul Barajı membaında, azalan debinin etkisi ile yaz mevsiminde gerçekleşmiş olup, H1 istasyonunda ortalama 0.356 mS/cm iken akarsu boyunca sürekli artarak H4 istasyonunda atıksu deşarjının da etkisiyle 0.478 mS/cm değerine ulaşmış ve aynı zamanda mevsimin en yüksek değeri olarak ortaya çıkmıştır. Torul Barajı mansabında akarsu boyunca en düşük değer H9 istasyonda ortalama 0.181 mS/cm olup H10 istasyonunda 0.190 mS/cm olarak gerçekleşmiştir.



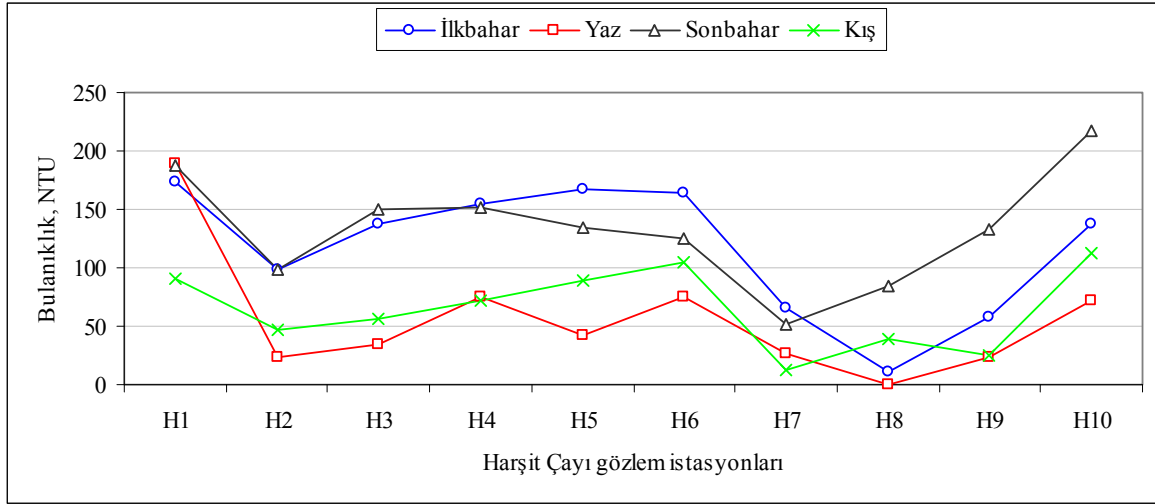
Şekil 46. Elektriksel iletkenliğin akarsu boyunca mevsimsel değişimi

SKKY'ye göre herhangi bir sınıflandırma yapmak mümkün olamamıştır. Gerek İTASHY'de gerekse TS 266'da Sınıf 2 ve Tip 2 için müsaade edilen (20 °C'de) 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'lik değer (2.5 mS/cm) EC'nin aynı parametre için müsaade ettiği değer ile birebir örtüşmekte ve Harşit Çayı Eİ değerlerinin de bu değer oldukça altında kaldığı anlaşılmaktadır (Şekil 46).

#### 4.1.5. Bulanıklığın Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi

En düşük bulanıklık değerleri yaz ve kış aylarında buna karşın en yüksek değerler de ilkbahar ve sonbahar aylarında gerçekleşmiştir (Şekil 47). Gümüşhane'de Aralık, Ocak ve Şubat aylarında, ortalama hava sıcaklıkları sırasıyla 0.3, -2.0 ve -0.6 iken, Mart, Nisan ve Mayıs aylarında sırasıyla 3.7, 9.4 ve 13.6 olarak gerçekleşmekte (DMİ, 2011b), bunun doğal sonucu olarak ta kışın yağın karlar erimekte ve ilkbahar yağmurları ile birlikte akarsu debisinde çok ciddi bir artış ortaya çıkmaktadır. Bu artış, DSİ tarafından havzada işletilen 22-09 No'lu Torul AGİ'de yıllık ortalama 190.83  $\text{m}^3/\text{sn}$ 'lik debinin % 62.63'ünün ilkbahar aylarında gerçekleşmesi şeklinde kendini göstermekte ve beraberinde bulanıklık değerlerinde de bir yükseliş görülmektedir. Uzun yıllar (1975-2010) içinde gerçekleşen ortalama aylık toplam yağış değerleri (DMİ, 2011b) dikkate alındığında,  $\text{m}^2$ 'ye düşen 464.1 kg'lık ortalama yağışın % 36.7'lik kısmına karşılık gelen 170.4 kg'ı ilkbahar mevsiminde, % 24.6'lık kısmına karşılık gelen 114.0 kg'ı da sonbahar mevsiminde gerçekleştiği anlaşılmaktadır. İlkbahar ve sonbahar ayları, ortalama yağışın sırasıyla en

yüksek seyrettiği aylar olarak karşımıza çıkmakta, havzadaki arazi eğiminin oldukça fazla oluşu ve bitki örtüsünün seyrekliği gibi nedenlerle de yağış suları hızla akışa geçmekte ve erozyona neden olmaktadır.



Şekil 47. Bulanıklığın akarsu boyunca mevsimsel değişimi

H1 istasyonundan ikincisine gelindiğinde bulanıklık değerlerinde hep bir düşüş gözlemlenmiş (Şekil 47) ve sebebi ilgili kesitin eğimine bağlanmıştır. Bu istasyonda yatak eğimine bağlı olarak akım hızı düştüğü ve AKM'nin kısmen çökeldiği görülmüştür. Sırasıyla H3 ve H4 istasyonlarına gelindiğinde ise bulanıklık değerlerinde hep bir artış tespit edilmiştir. H4 istasyonundan sonra belirli bir eğilim tespit edilememiştir. Torul Baraj gölündeki hidrolik bekleme süresinden dolayı AKM büyük ölçüde çökelmiş ve bunun sonucunda, Torul HES mansabındaki H7 istasyonundaki bulanıklık değerlerinde çok ciddi düşüşler ortaya çıkmıştır. Akarsu boyunca, sonbahar ve kış mevsimlerinde en düşük bulanıklık değerleri yine bu istasyonda belirlenmiştir. Bulanık değerlerindeki bu düşüş eğilimi Kürtün HES mansabındaki H8 istasyonunda sürmesi beklenmiş fakat 14., 18. ve 23. çalışmaların Kürtün Barajı dip savağının çalıştırıldığı zamana denk gelmesi nedeniyle kısmen gerçekleşmemiştir. Doğankent HES mansabındaki H9 istasyonunda bulanıklık değerlerinde genelde bir artış eğilimi gözlemlenmiş, Harşit Çayı'nın önemli yan kollarından biri olan Gavraz akarsuyunun bu artışta etkin olduğu kanaatine varılmıştır. H9 istasyonundan sonra, özellikle Giresun İli'nin Tirebolu İlçesi'ne yakın kesimde Harşit Çayı'nda faaliyet gösteren kum-çakıl ocağı işletmelerinin de malzeme yıkanmasında akarsudan yararlanması neticesinde bir önceki istasyona kıyasla H10 istasyonundaki

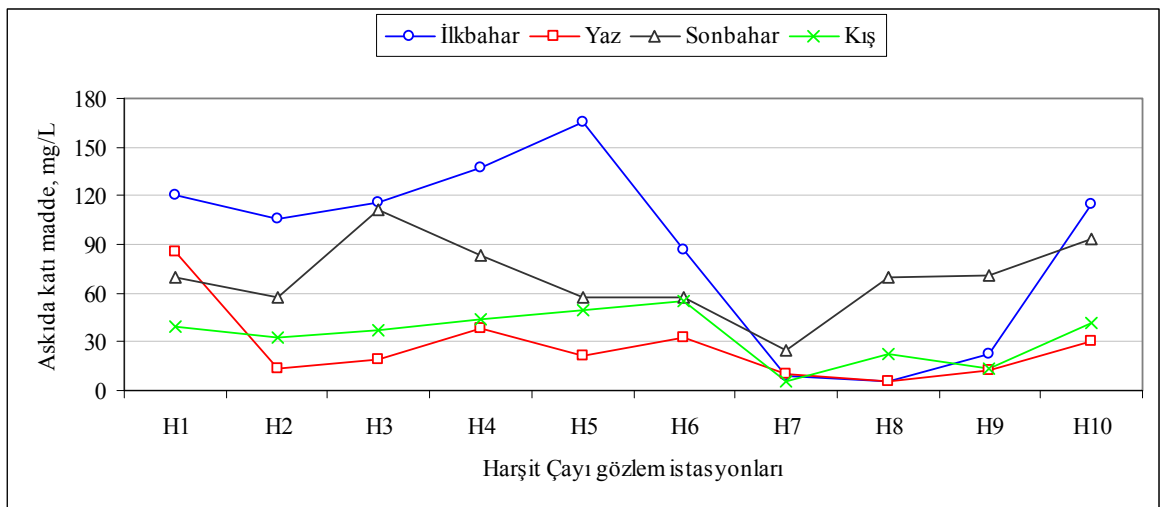
bulanıklık değerlerinde % 63 (sonbahar) ile % 349 (kış) arasında değişen çok ciddi artışlar göze çarpmıştır.

Akarsu boyunca mevsimsel bir irdeleme yapıldığında en düşük bulanıklık değerinin ortalama 0 NTU ile yaz mevsiminde Kürtün HES mansabındaki H8 istasyonunda, en yüksek değer ise ortalama 217 NTU ile sonbahar mevsiminde H10 istasyonunda gerçekleştiği anlaşılmıştır. Yaz mevsiminde, H1 istasyonunda hesap edilen 188 NTU'luk bulanıklık değeri oldukça yanıltıcı olup yaz mevsiminin son çalışmasında tespit edilen 999 NTU'luk değerden kaynaklanmaktadır. Kamu kurumlarına ait iş makineleri zaman zaman akarsu içerisinde çalışma yapmakta ve bu türden doğal olmayan değerler elde edilmektedir.

SKKY'ye göre bulanıklık bakımından bir sınıflandırma yapmak mümkün olamamıştır. TS 266'da Sınıf 2 ve Tip 2 için müsaade edilen 5 NTU'luk bulanıklık değeri dikkate alındığında Harşit Çayı'nın oldukça yüksek değerlere sahip olduğu anlaşılmıştır.

#### 4.1.6. Askıda Katı Maddenin Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi

En düşük AKM konsantrasyonları, bulanıklık değerlerine paralel olarak genellikle yaz ve kış aylarında, buna karşın en yüksek değerler ise ilkbahar ve sonbahar aylarında gerçekleşmiştir (Şekil 48). H1 istasyonundan ikincisine gelindiğinde AKM değerlerinde hep bir azalma gözlemlenmiş ve sebebi kesitteki eğime bağlanmıştır. H3 istasyonuna gelindiğinde değerlerde hep bir artış gözlemlenmiş, fakat bundan sonra belirli bir eğilim tespit edilememiştir.



Şekil 48. Askıda katı madde konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi

Torul Barajı mansabında kalan istasyonlarda, AKM değerlerinde çok ciddi düşüşler belirlenmiş, en düşük değerler ilkbahar ve yaz mevsimlerinde sırasıyla ortalama 6.15 ve 6.18 mg/L olarak Kürtün Barajı mansabındaki H8 istasyonunda, sonbahar ve kış mevsimlerinde ise sırasıyla 24.7 ve 5.5 mg/L olarak Torul Barajı mansabındaki H7 istasyonunda elde edilmiştir. Son olarak, Doğankent'teki H9 istasyonundan Tirebolu'daki H10 istasyonuna geldiğinde yine bulanıklıkla paralel olarak AKM konsantrasyonu değerlerinde hep bir artış ortaya çıkmıştır. İlgili bölümde, gerek Harşit Çayı ana kol boyunca işletilmekte olan kum-çakıl ocaklarının, gerekse yan kollarin katılımının bu artışta büyük etkisi olduğu düşünülmektedir.

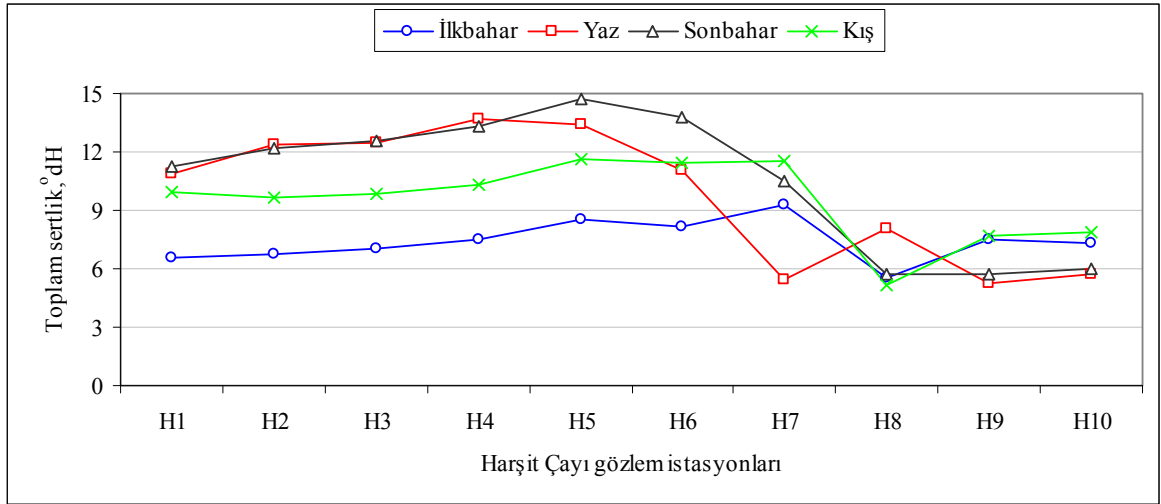
SKKY' de "Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri" tablosunda AKM parametresine değinilmediğinden, elde edilen konsantrasyon değerlerine göre bir sınıflandırma yapmak mümkün olmamıştır. Ancak SKKY'de "Göller, Göletler, Bataklıklar ve Baraj Haznelerinin Ötrofikasyon Kontrolü Sınır Değerleri" tablosunda (çeşitli kullanımlar için) verilen 15 mg/L'lik AKM konsantrasyonu dikkate alındığında, Torul ve Kürtün Barajları için mevsimsel bir değerlendirme Tablo 41'de yapılmaktadır.

Tablo 41. AKM konsantrasyonu değerlerinin baraj hazneleri için sınıflandırılması

| İstasyonlar | * : $\leq 15$ mg/L |     | ** : $> 15$ mg/L |     |
|-------------|--------------------|-----|------------------|-----|
|             | İlkbahar           | Yaz | Sonbahar         | Kış |
| H7          | *                  | *   | **               | *   |
| H8          | *                  | *   | **               | **  |

#### 4.1.7. Toplam Sertliğin Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi

En büyük TH değerleri; 13.69 °dH olarak azalan debi ve atıksu deşarjının da etkisi ile yaz mevsiminde H4 istasyonunda, sırasıyla 14.68 ve 11.61 °dH olarak sonbahar ve kış mevsimlerinde H6 istasyonunda ve son olarak 9.31 °dH olarak ilkbahar mevsiminde Torul HES mansabındaki H7 istasyonunda tespit edilmiştir (Şekil 49). En düşük TH değerleri ise; sırasıyla 5.22 ve 5.71 °dH olarak yaz ve sonbahar mevsimlerinde Doğankent HES mansabındaki H9 istasyonunda, 5.15 ve 5.54 °dH olarak da kış ve ilkbahar mevsimlerinde Kürtün HES mansabındaki H8 istasyonunda tespit edilmiştir.



Şekil 49. Toplam sertlik değerinin akarsu boyunca mevsimsel değişimi

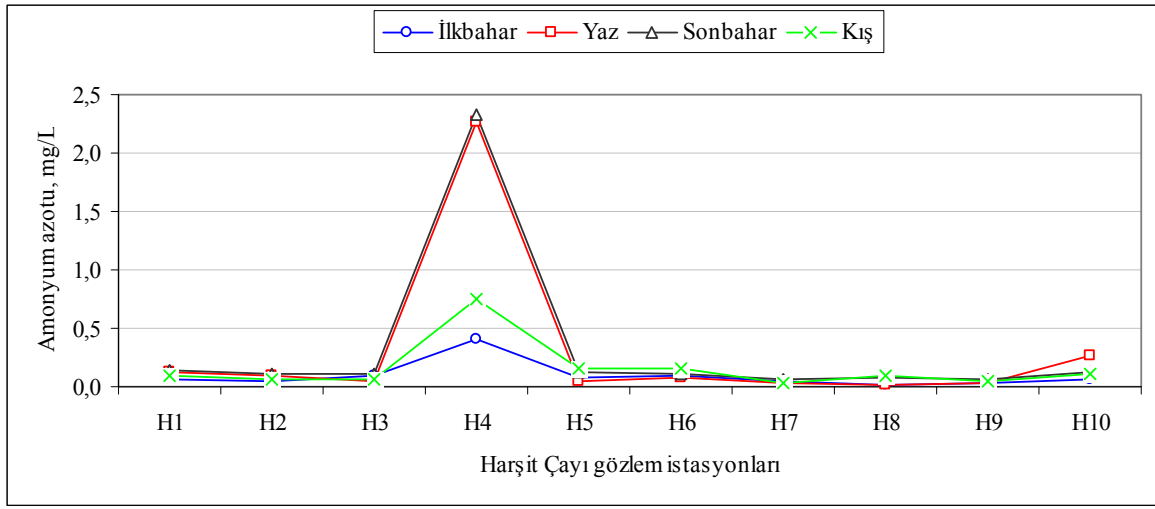
SKKY'ye göre TH bakımından herhangi bir sınıflandırma yapmak mümkün olamamıştır. Ayrıca, hem TS 266 hem de WHO tarafından TH için önerilen bir değer de bulunmamaktadır. TH değerlerinin mg CaCO<sub>3</sub>/L dönüşümleri Tablo 42'de verilmektedir.

Tablo 42. Toplam sertlik değerlerinin CaCO<sub>3</sub> (mg/L) karşılığı

| İstasyonlar | < 100 mg/L | 100 mg/L < | > 200 mg/L |     |
|-------------|------------|------------|------------|-----|
|             | İlkbahar   | Yaz        | Sonbahar   | Kış |
| H1          | 117        | 194        | 201        | 178 |
| H2          | 122        | 221        | 218        | 173 |
| H3          | 126        | 223        | 225        | 176 |
| H4          | 134        | 245        | 239        | 185 |
| H5          | 152        | 240        | 263        | 208 |
| H6          | 146        | 200        | 246        | 204 |
| H7          | 167        | 98         | 188        | 206 |
| H8          | 99         | 144        | 103        | 92  |
| H9          | 134        | 93         | 102        | 138 |
| H10         | 131        | 103        | 107        | 142 |

#### 4.1.8. Amonyum Azotunun Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi

En yüksek  $\text{NH}_4^+$ -N konsantrasyonu değerleriyle tüm mevsimlerde, sırasıyla ortalama 0.414, 2.265, 2.322 ve 0.749 mg/L olarak öncesinde evsel atıksu deşarjının yapıldığı H4 istasyonunda, en düşük değerlerle de ilkbahar ve yaz mevsimlerinde ortalama 0.022 ve 0.023 mg/L olarak Kürtün HES mansabındaki H8 istasyonunda, sonbahar ve kış aylarında ortalama 0.068 ve 0.037 mg/L olarak Torul HES mansabındaki H7 istasyonunda karşılaşılmıştır (Şekil 50).



Şekil 50. Amonyum azotu konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi

SKKY'ye göre bir değerlendirme yapıldığında, Harşit Çayı'nın I. Sınıf için müsaade edilen 0.200 mg/L'lik sınır değerinin oldukça altında bir  $\text{NH}_4^+$ -N konsantrasyonuna sahip olduğu anlaşılmaktadır. Ancak, H4 istasyonunda akarsu debisinin azaldığı yaz ve sonbahar mevsimlerinde IV. Sınıf, ilkbahar ve kış mevsimlerinde ise II. Sınıf su kalitesine, H10 istasyonunda ise sadece yaz mevsiminde II. Sınıf su kalitesine sahip olan Harşit Çayı, diğer istasyonlarda ve tüm mevsimlerde I. Sınıf su kalitesindedir. Her bir istasyon için mevsimsel bir sınıflandırma Tablo 43'te yapılmaktadır.

Gerek İTASHY'de gerekse TS 266'da Sınıf 2 ve Tip 2 için müsaade edilen 0.50 mg/L'lik  $\text{NH}_4^+$  konsantrasyonu, EC tarafından aynı parametre için önerilen değer ile birebir örtüşmekte ve 0.39 mg/L  $\text{NH}_4^+$ -N'e karşılık gelmektedir. Dolayısıyla, Harşit Çayı hem ulusal hem de uluslararası sınır değerleri, öncesinde evsel atıksu deşarjının yapıldığı H4 istasyonu hariç diğer tüm istasyonlarda ve mevsimlerde sağlamaktadır.

Tablo 43. SKKY'ye göre  $\text{NH}_4^+$ -N konsantrasyonu değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması

| İstasyonlar | * : I. sınıf | ** : II. sınıf | *** : III. sınıf | **** : IV. sınıf |
|-------------|--------------|----------------|------------------|------------------|
|             | İlkbahar     | Yaz            | Sonbahar         | Kış              |
| H1          | *            | *              | *                | *                |
| H2          | *            | *              | *                | *                |
| H3          | *            | *              | *                | *                |
| H4          | **           | ****           | ****             | **               |
| H5          | *            | *              | *                | *                |
| H6          | *            | *              | *                | *                |
| H7          | *            | *              | *                | *                |
| H8          | *            | *              | *                | *                |
| H9          | *            | *              | *                | *                |
| H10         | *            | **             | *                | *                |

#### 4.1.9. Nitrit Azotunun Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi

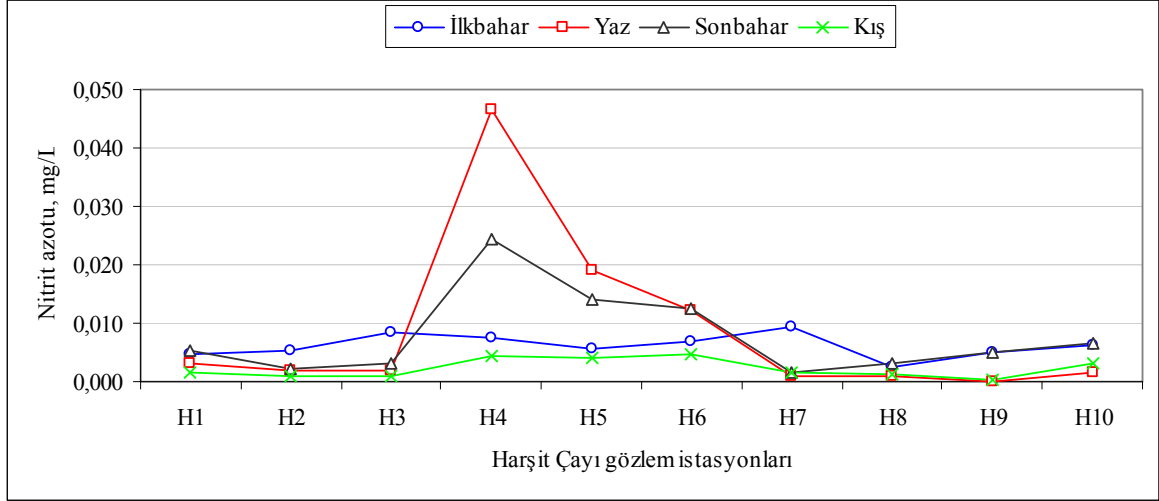
Harşit ayı boyunca en yüksek  $\text{NO}_2^-$ -N konsantrasyonu değerleri, azalan debi ve atıksu değarjı etkisi ile yaz ve sonbahar mevsimlerinde ortalama 0.047 ve 0.025 mg/L olarak H4 istasyonunda belirlenmiştir (şekil 51). Yine aynı mevsimlerde en düşük  $\text{NO}_2^-$ -N değerleri, Torul ve Kürtün Barajlarının etkisiyle ortalama 0.000 mg/L olarak Doğankent HES mansabındaki H9 istasyonunda ve 0.002 mg/L olarak da Torul HES mansabındaki H7 istasyonunda tespit edilmiştir.

SKKY'ye göre bir değerlendirme yapıldığında, Harşit ayı'nın I. Sınıf için müsaade edilen 0.002 mg/L'lik sınır değerin çoğu kez üzerinde bir  $\text{NO}_2^-$ -N konsantrasyonuna sahip olduğu anlaşılmaktadır. Her bir istasyon için mevsimsel bir sınıflandırma Tablo 44'te yapılmaktadır.

Gerek İTASHY'de gerekse TS 266'da Sınıf 2 Tip 2 için müsaade edilen 0.50 mg/L'lik  $\text{NO}_2^-$  konsantrasyonu değeri 0.15 mg/L  $\text{NO}_2^-$ -N'e karşılık gelmekte ve EC'nin aynı parametre için önerdiği değer ile örtüşmektedir. US EPA tarafından müsaade



edilen 1 mg/L'lik  $\text{NO}_2^-$ -N konsantrasyonu değeri ile WHO tarafından müsaade edilen 3 mg/L'lik  $\text{NO}_2^-$  konsantrasyonu değerinin de 0.91 mg/L  $\text{NO}_2^-$ -N'e karşılık geldiği dikkate alındığında, hem ulusal hem de uluslararası sınır değerlerin karşılandığı anlaşılmaktadır.



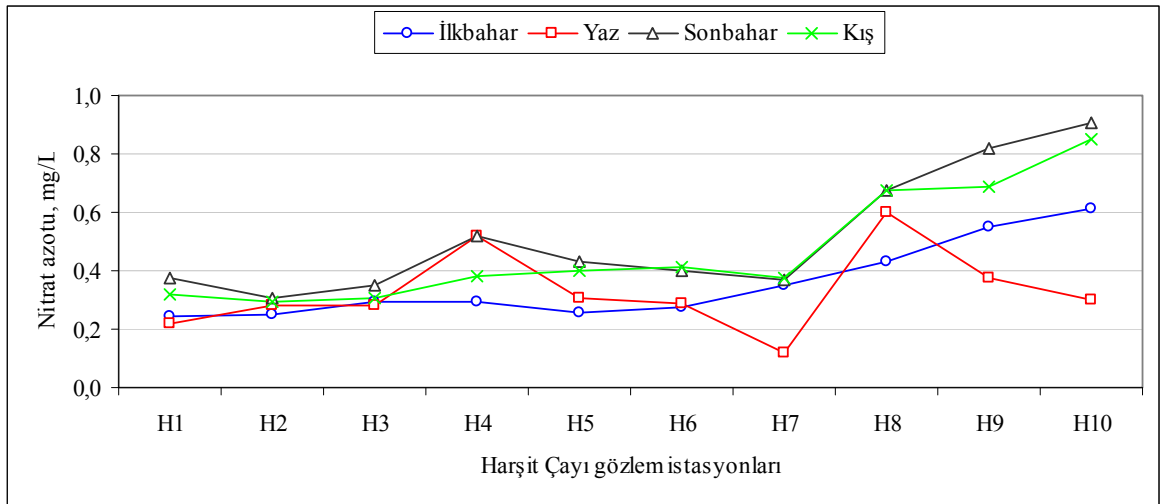
Şekil 51. Nitrit azotu konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi

Tablo 44. SKKY'ye göre  $\text{NO}_2^-$ -N konsantrasyonu değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması

| İstasyonlar | * : I. sınıf | ** : II. sınıf | *** : III. sınıf | **** : IV. sınıf |
|-------------|--------------|----------------|------------------|------------------|
|             | İlkbahar     | Yaz            | Sonbahar         | Kış              |
| H1          | **           | **             | **               | *                |
| H2          | **           | *              | **               | *                |
| H3          | **           | *              | **               | *                |
| H4          | **           | ***            | ***              | **               |
| H5          | **           | ***            | ***              | **               |
| H6          | **           | ***            | ***              | **               |
| H7          | **           | *              | *                | *                |
| H8          | **           | *              | **               | *                |
| H9          | **           | *              | **               | *                |
| H10         | **           | *              | **               | **               |

#### 4.1.10. Nitrat Azotunun Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi

Harşit Çayı'nda en düşük  $\text{NO}_3^-$ -N konsantrasyonu değerleri; ortalama 0.242 mg/L olarak ilkbahar mevsiminde H1 istasyonunda, 0.119 mg/L olarak yaz mevsiminde H7 istasyonunda, sonbahar ve kış mevsimlerinde ise sırasıyla 0.303 ve 0.295 mg/L olarak H2 istasyonunda elde edilmiştir. En yüksek konsantrasyon değerleri de sırasıyla 0.909, 0.852 ve 0.610 mg/L olarak sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimlerinde son istasyon olan H10'da, yaz mevsiminde ise 0.600 mg/L olarak H8 istasyonunda belirlenmiştir. Şekil 52'den de görüldüğü üzere, akarsu boyunca  $\text{NO}_3^-$ -N konsantrasyonu değerlerinde nitrifikasyon prosesi neticesinde genelde bir artış eğilimi belirlenmiş ve en düşük değerler Torul Barajı membaında kalan istasyonlarda gerçekleşirken en yüksek değerler de mansabında kalan istasyonlarda tespit edilmiştir.



Şekil 52. Nitrat azotu konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi

SKKY'ye göre bir değerlendirme yapıldığında, Harşit Çayı'nın I. Sınıf için müsaade edilen 5 mg/L'lik sınır değer oldukça altında bir  $\text{NO}_3^-$ -N konsantrasyonuna sahip olduğu görülmektedir (Şekil 52). Her bir istasyon için mevsimsel bir sınıflandırma Tablo 45'te yapılmaktadır.

Gerek İTASHY'de gerekse TS 266'da Sınıf 2 ve Tip 2 için müsaade edilen 50 mg/L'lik  $\text{NO}_3^-$  konsantrasyonu değeri hem EC hem de WHO tarafından önerilen değerler ile birebir örtüşmekte ve 11.3 mg/L  $\text{NO}_3^-$ -N'e karşılık gelmektedir. Dolayısıyla, Harşit Çayı hem ulusal hem de uluslararası sınır değerleri sağlamaktadır.

Tablo 45. SKKY'ye göre NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N konsantrasyonu değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması

| İstasyonlar | * : I. sınıf | ** : II. sınıf | *** : III. sınıf | **** : IV. sınıf |
|-------------|--------------|----------------|------------------|------------------|
|             | İlkbahar     | Yaz            | Sonbahar         | Kış              |
| H1          | *            | *              | *                | *                |
| H2          | *            | *              | *                | *                |
| H3          | *            | *              | *                | *                |
| H4          | *            | *              | *                | *                |
| H5          | *            | *              | *                | *                |
| H6          | *            | *              | *                | *                |
| H7          | *            | *              | *                | *                |
| H8          | *            | *              | *                | *                |
| H9          | *            | *              | *                | *                |
| H10         | *            | *              | *                | *                |

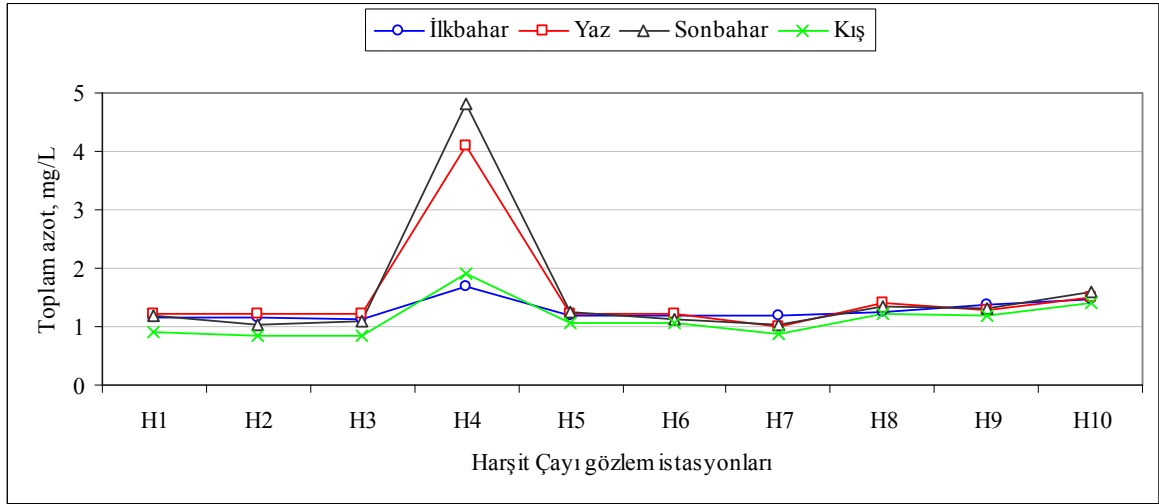
#### 4.1.11. Toplam Azotun Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi

TN su kalitesi parametresinin mevsimsel değişimi ile ilgili olarak her ne kadar belirli bir eğilim olmasa da en yüksek konsantrasyon değerlerinin genellikle akarsu debisinin oldukça azaldığı yaz ve sonbahar mevsimlerinde, en düşük değerlerin ise kış mevsiminde ortaya çıktığı söylenebilir.

İstasyon bazında ise, en yüksek TN konsantrasyonu değerleriyle, Şekil 53'te görüldüğü üzere tüm mevsimlerde, sırasıyla ortalama 1.675, 4.097, 4.803 ve 1.918 mg/L olarak öncesinde evsel atıksu deşarjının yapıldığı H4 istasyonunda, en düşük değerlerle de ilkbahar mevsiminde ortalama 1.140 mg/L olarak H3 istasyonunda, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ortalama 0.985 ve 1.025 mg/L olarak Torul HES mansabındaki H7 istasyonunda, kış mevsiminde ise ortalama 0.830 mg/L olarak H2 istasyonunda karşılaşılmıştır.

SKKY' de "Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri" tablosunda toplam azot parametresine değinilmediğinden, akarsu boyunca elde edilen toplam azot

konsantrasyonu değerlerini sınıflandırmak mümkün olamamıştır. Ancak SKKY’de “Göller, Göletler, Bataklıklar ve Baraj Haznelerinin Ötrofikasyon Kontrolü Sınır Değerleri” tablosunda verilen 1 mg/L’lik toplam azot (çeşitli kullanımlar için) konsantrasyonu dikkate alındığında, Torul ve Kürtün Barajları için mevsimsel bir sınıflandırma Tablo 46’da yapılmaktadır.



Şekil 53. Toplam azot konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi

Tablo 46. TN konsantrasyonu değerlerinin baraj hazneleri için sınıflandırılması

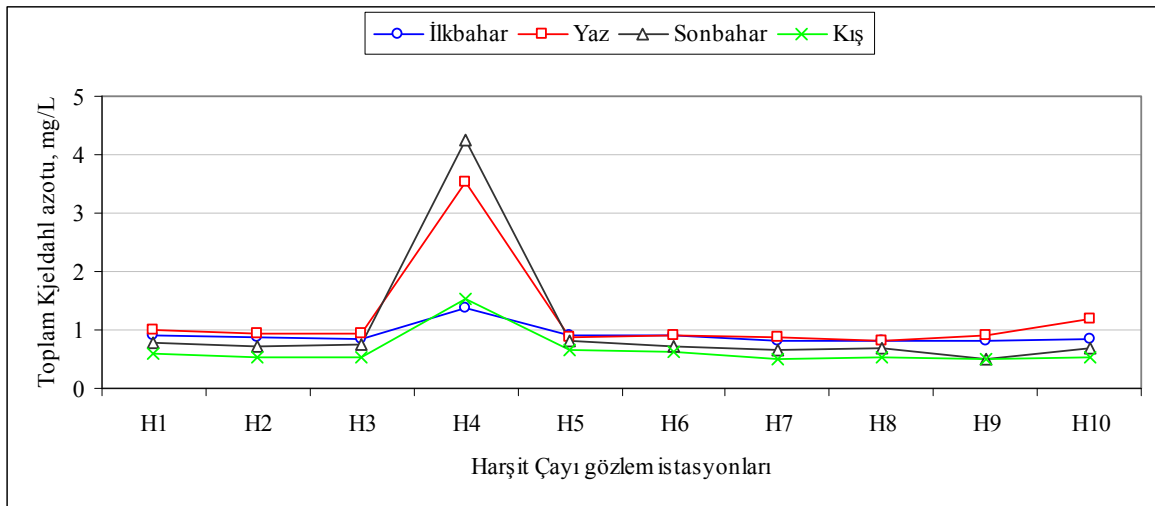
| İstasyonlar | * : $\leq 1$ mg/L |     | ** : $> 1$ mg/L |     |
|-------------|-------------------|-----|-----------------|-----|
|             | İlkbahar          | Yaz | Sonbahar        | Kış |
| H7          | **                | *   | **              | *   |
| H8          | **                | **  | **              | **  |

#### 4.1.12. Toplam Kjeldahl Azotunun Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi

En yüksek TKN konsantrasyonu değerleri çoğunlukla yaz mevsiminde elde edilirken, en düşük değerler de kış mevsiminde tespit edilmiştir. Mevsimsel değişim akarsu boyunca H1’den H3’e kadar kış < sonbahar < ilkbahar < yaz şeklinde gerçekleşirken, öncesinde atıksu deşarjının yapıldığı H4 istasyonunda ilkbahar < kış < yaz < sonbahar şekline dönüşmüştür. H5 ve H6 istasyonlarında kış < sonbahar < yaz < ilkbahar şeklinde

olan bu değişim, Torul Barajı mansabında kalan istasyonların tamamında başlangıçtaki kış < sonbahar < ilkbahar < yaz halini almıştır.

Şekil 54'ten görüldüğü üzere, istasyon bazında ise en yüksek TKN konsantrasyonu değerleri tüm mevsimlerde, sırasıyla ortalama 1.372, 3.534, 4.263 ve 1.530 mg/L olarak öncesinde evsel atıksu deşarjının yapıldığı H4 istasyonunda tespit edilmiştir. En düşük TKN konsantrasyon değerleri ise ilkbahar ve yaz mevsimlerinde Kürtün HES mansabındaki H8 istasyonunda, sonbahar mevsiminde Doğankent HES mansabındaki H9 istasyonunda ve kış mevsiminde ise Torul HES mansabındaki H7 istasyonunda elde edilmiştir. En düşük TKN konsantrasyonlarıyla mekansal olarak, tüm mevsimlerde Torul Barajı mansabında seçilen istasyonlarda karşılaşılmaması, Torul ve Kürtün Barajlarının hidrolik bekleme sürelerinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 54. Toplam Kjeldahl azotu konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi

SKKY'ye göre bir değerlendirme yapıldığında, Harşit Çayı'nın I. Sınıf için müsaade edilen 0.500 mg/L'lik sınır değerin üzerinde bir TKN konsantrasyonuna sahip olduğu anlaşılmıştır. Her bir istasyon için mevsimsel bir sınıflandırma Tablo 47'de yapılmaktadır.

Tablo 47'de görüldüğü üzere, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde H4 istasyonunda III. Sınıf su kalitesine sahip olan Harşit Çayı'nın, sadece kış mevsiminde Torul HES mansabındaki H7 ile Doğankent HES mansabındaki H9 istasyonlarında I. Sınıf su kalitesinde olduğu anlaşılmıştır. Bunların dışında tüm istasyonlarda ve mevsimlerde II. Sınıf su kalitesine sahip olmuştur.

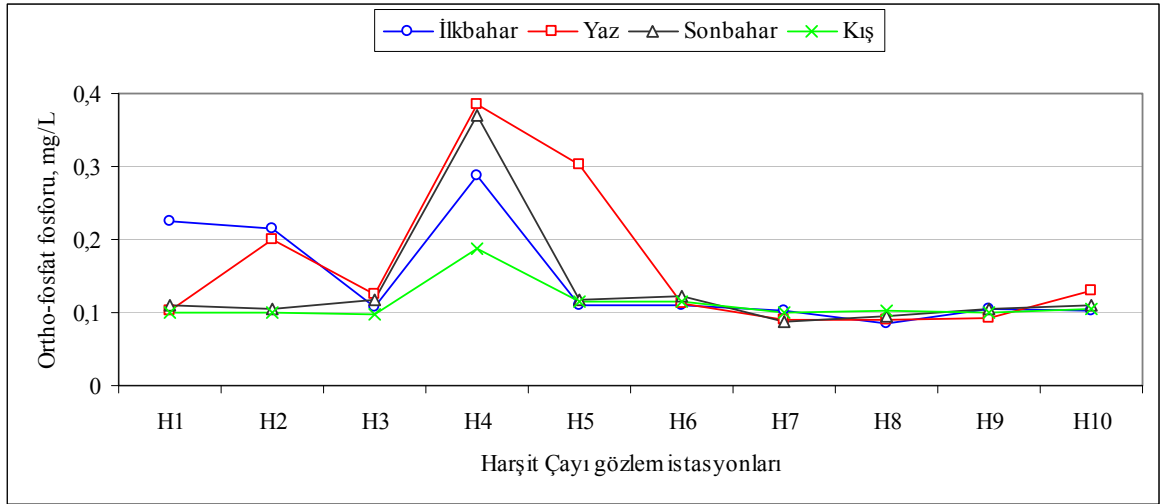
Tablo 47. SKKY'ye göre TKN konsantrasyonu değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması

| İstasyonlar | * : I. sınıf | ** : II. sınıf | *** : III. sınıf | **** : IV. sınıf |
|-------------|--------------|----------------|------------------|------------------|
|             | İlkbahar     | Yaz            | Sonbahar         | Kış              |
| H1          | **           | **             | **               | **               |
| H2          | **           | **             | **               | **               |
| H3          | **           | **             | **               | **               |
| H4          | **           | ***            | ***              | ***              |
| H5          | **           | **             | **               | **               |
| H6          | **           | **             | **               | **               |
| H7          | **           | **             | **               | *                |
| H8          | **           | **             | **               | **               |
| H9          | **           | **             | **               | *                |
| H10         | **           | **             | **               | **               |

#### 4.1.13. Ortofosfat Fosforunun Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi

Mevsimsel olarak en yüksek  $PO_4^{3-}$ -P konsantrasyonu değerleri, H1, H2 ve H7 istasyonlarında ilkbahar mevsiminde elde edilirken, H3, H4, H5 ve H10 istasyonlarında yaz mevsiminde, H6 ve H9 istasyonlarında sonbahar mevsiminde ve H8 istasyonunda da kış mevsiminde tespit edilmiştir. Dolayısıyla,  $PO_4^{3-}$ -P su kalitesi parametresinin mevsimsel değişimi ile ilgili olarak belirli bir eğilim tespit edilememiştir.

İstasyon bazında en yüksek  $PO_4^{3-}$ -P konsantrasyonu değerleriyle ise tüm mevsimlerde, sırasıyla ortalama 0.288, 0.385, 0.370 ve 0.187 mg/L olarak öncesinde evsel atıksu değarjının yapıldığı H4 istasyonunda karşılaşılmıştır (Şekil 55). En düşük  $PO_4^{3-}$ -P konsantrasyonu değerleriyle ise ilkbahar mevsiminde ortalama 0.085 mg/L olarak Kürtün HES mansabındaki H8 istasyonunda, yaz mevsiminde 0.089 mg/L olarak Torul HES mansabındaki H7 ve Kürtün HES mansabındaki H8 istasyonlarında, sonbahar mevsiminde 0.088 mg/L olarak H7 istasyonunda ve son olarak da kış mevsiminde 0.098 mg/L olarak H3 istasyonunda karşılaşılmıştır.



Şekil 55. Ortofosfat fosforu konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi

SKKY’de sadece toplam  $PO_4^{3-}$ -P için bir değerlendirme yapılmaktadır. Yine de bir fikir vermesi adına, elde edilen değerler toplam  $PO_4^{3-}$ -P sınır değerlerine göre irdelenmekte ve her bir istasyon için mevsimsel bir sınıflandırma Tablo 48’de yapılmaktadır.

Tablo 48. SKKY’ye göre  $PO_4^{3-}$ -P konsantrasyonu değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması

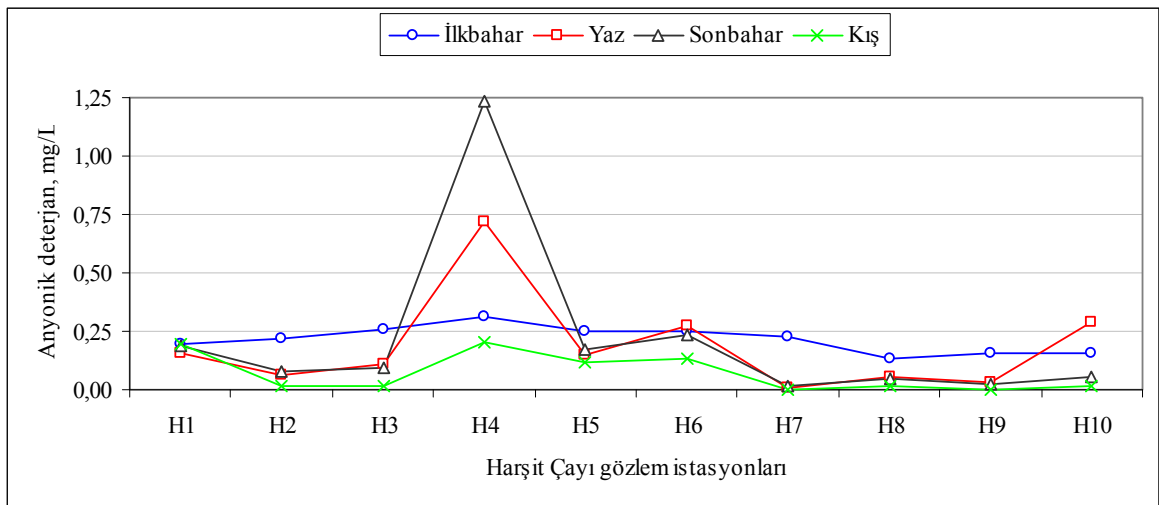
| İstasyonlar | * : I. sınıf | ** : II. sınıf | *** : III. sınıf | **** : IV. sınıf |
|-------------|--------------|----------------|------------------|------------------|
|             | İlkbahar     | Yaz            | Sonbahar         | Kış              |
| H1          | ***          | **             | **               | **               |
| H2          | ***          | ***            | **               | **               |
| H3          | **           | **             | **               | **               |
| H4          | ***          | ***            | ***              | ***              |
| H5          | **           | ***            | **               | **               |
| H6          | **           | **             | **               | **               |
| H7          | **           | **             | **               | **               |
| H8          | **           | **             | **               | **               |
| H9          | **           | **             | **               | **               |
| H10         | **           | **             | **               | **               |

Gerek ulusal gerekse uluslararası yönetmeliklerde hem  $PO_4^{3-}$ -P için hem de toplam  $PO_4^{3-}$ -P için bir değerlendirme yapılmamaktadır. Elde edilen  $PO_4^{3-}$ -P konsantrasyonu değerlerinin, SKKY'de I. Sınıf su kalitesi için müsaade edilen 0.020 mg/L'lik toplam  $PO_4^{3-}$ -P konsantrasyonu sınır değerini fazlasıyla aştığı (Şekil 55) ve havzada bir fosfor kirliliği olduğu anlaşılmaktadır (Tablo 48). Bu kirliliğin, büyük ölçüde tarımsal faaliyetlerden (fosforlu gübrelerin kullanımı) ve atıksu deşarjlarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

#### 4.1.14. Anyonik Yüzey Aktif Maddelerin Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi

MBAS su kalitesi parametresinin mevsimsel değişimi ile ilgili olarak her ne kadar belirli bir eğilim olmasa da en yüksek konsantrasyon değerlerinin beklentilerin aksine genellikle ilkbahar mevsiminde, en düşük değerlerin ise kış mevsiminde ortaya çıktığı söylenebilir.

İstasyon bazında en yüksek MBAS konsantrasyonu değerleri, Şekil 56'da görüldüğü üzere tüm mevsimlerde, sırasıyla ortalama 0.316, 0.718, 1.235 ve 0.206 mg/L olarak öncesinde evsel atıksu deşarjının yapıldığı H4 istasyonunda tespit edilmiştir. En düşük MBAS konsantrasyonu değerleri ise yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla ortalama 0.008, 0.017 ve 0.000 mg/L olarak Torul HES mansabındaki H7 istasyonunda, ilkbahar mevsiminde ise 0.135 mg/L olarak Kürtün HES mansabındaki H8 istasyonunda belirlenmiştir.



Şekil 56. Anyonik deterjan konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi



SKKY'ye göre bir değerlendirme yapıldığında Harşit Çayı'nın I. Sınıf için müsaade edilen 0.050 mg/L'lik değerin çoğu kez üzerinde bir MBAS konsantrasyonuna sahip olduğu görülmektedir (Şekil 56). Her bir istasyon için mevsimsel bir sınıflandırma Tablo 49'da yapılmaktadır. Gerek ulusal gerekse uluslararası yönetmeliklerde MBAS su kalite parametresi için herhangi bir değerlendirme yapılmamaktadır.

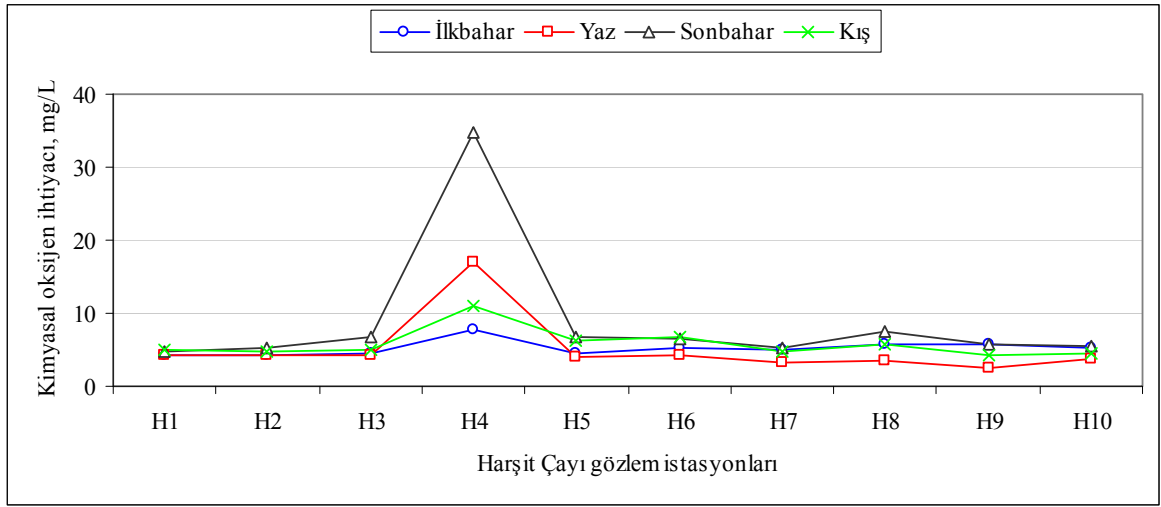
Tablo 49. SKKY'ye göre MBAS konsantrasyonu değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması

| İstasyonlar | * : I. sınıf | ** : II. sınıf | *** : III. sınıf | **** : IV. sınıf |
|-------------|--------------|----------------|------------------|------------------|
|             | İlkbahar     | Yaz            | Sonbahar         | Kış              |
| H1          | **           | **             | **               | **               |
| H2          | ***          | **             | **               | *                |
| H3          | ***          | **             | **               | *                |
| H4          | ***          | ***            | ****             | ***              |
| H5          | ***          | **             | **               | **               |
| H6          | ***          | ***            | ***              | **               |
| H7          | ***          | *              | *                | *                |
| H8          | **           | **             | *                | *                |
| H9          | **           | *              | *                | *                |
| H10         | **           | ***            | **               | *                |

#### 4.1.15. Kimyasal Oksijen İhtiyacının Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi

KOİ su kalitesi parametresinin mevsimsel değişimi ile ilgili olarak her ne kadar belirli bir eğilim olmasa da Torul Barajı membaında kalan istasyonlarda en yüksek konsantrasyon değerleri büyük ölçüde sonbahar ve kış mevsimlerinde, en düşük değerler ise ilkbahar ve yaz mevsimlerinde tespit edilmiştir. Torul Barajı mansabında kalan istasyonlarda ise, barajların hidrolik bekleme sürelerinin etkisiyle durum biraz değişmiş, en yüksek konsantrasyon değerleri çoğunlukla sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde gerçekleşirken, en düşük değerler de yaz ve kış mevsimlerinde elde edilmiştir.

İstasyon bazında en yüksek KOİ konsantrasyonu değerleri tüm mevsimlerde yine, sırasıyla ortalama 7.65, 16.98, 34.80 ve 10.89 mg/L olarak öncesinde evsel atıksu deşarjının yapıldığı H4 istasyonunda tespit edilmiştir (Şekil 57). En düşük KOİ konsantrasyonu değerleriyle ise ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde, sırasıyla ortalama 4.17 ve 4.84 mg/L olarak H1 istasyonunda, yaz ve kış mevsimlerinde sırasıyla ortalama 2.47 ve 4.20 mg/L olarak H9 istasyonunda karşılaşılmıştır.



Şekil 57. Kimyasal oksijen ihtiyacı konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi

SKKY'ye göre bir değerlendirme yapıldığında Harşit Çayı'nın I. Sınıf için müsaade edilen 25 mg/L'lik sınır değer oldukça altında bir konsantrasyona sahip olduğu görülmektedir. 25 mg/L'lik sınır değer sadece debinin oldukça düşük olduğu sonbahar mevsiminde, öncesinde atıksu deşarjının yapıldığı H4 istasyonunda aşılmıştır (Şekil 57). Her bir istasyon için mevsimsel bir sınıflandırma Tablo 50'de yapılmaktadır. Gerek ulusal gerekse uluslararası yönetmeliklerde KOİ için bir değerlendirme yapılmamaktadır.

SKKY'de "Göller, Göletler, Bataklıklar ve Baraj Haznelerinin Ötrofikasyon Kontrolü Sınır Değerleri" tablosunda verilen 8 mg/L'lik KOİ (çeşitli kullanımlar için) konsantrasyonu dikkate alındığında, Torul ve Kürtün Barajları için mevsimsel bir değerlendirme Tablo 51'de yapılabilmektedir.

Tablo 50. SKKY'ye göre KOİ konsantrasyonu değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması

| İstasyonlar | * : I. sınıf | ** : II. sınıf | *** : III. sınıf | **** : IV. sınıf |
|-------------|--------------|----------------|------------------|------------------|
|             | İlkbahar     | Yaz            | Sonbahar         | Kış              |
| H1          | *            | *              | *                | *                |
| H2          | *            | *              | *                | *                |
| H3          | *            | *              | *                | *                |
| H4          | *            | *              | **               | *                |
| H5          | *            | *              | *                | *                |
| H6          | *            | *              | *                | *                |
| H7          | *            | *              | *                | *                |
| H8          | *            | *              | *                | *                |
| H9          | *            | *              | *                | *                |
| H10         | *            | *              | *                | *                |

Tablo 51. KOİ konsantrasyonu değerlerinin baraj hazneleri için sınıflandırılması

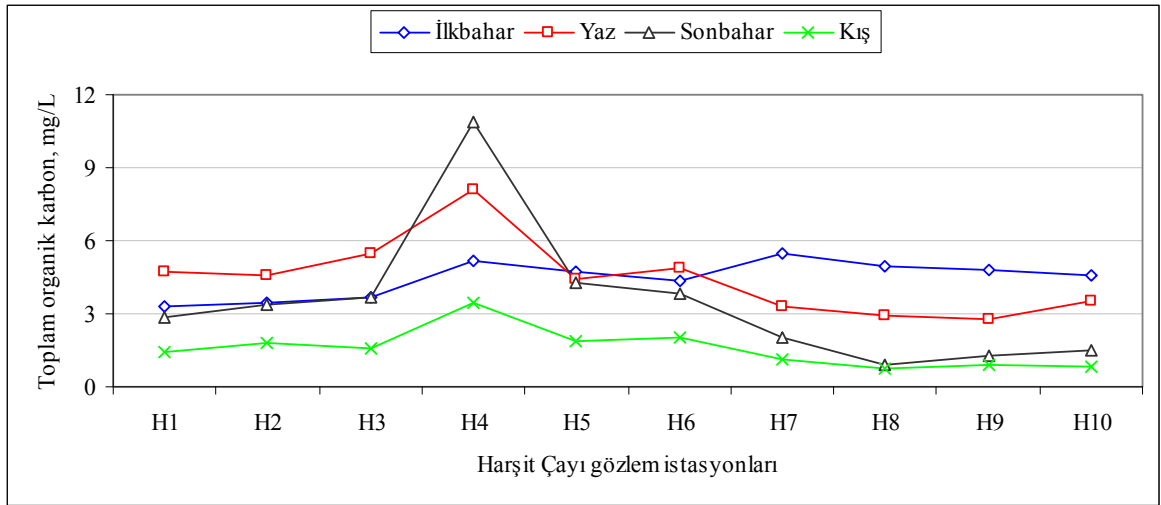
| İstasyonlar | * : $\leq 8$ mg/L |     | ** : $> 8$ mg/L |     |
|-------------|-------------------|-----|-----------------|-----|
|             | İlkbahar          | Yaz | Sonbahar        | Kış |
| H7          | *                 | *   | *               | *   |
| H8          | *                 | *   | *               | *   |

#### 4.1.16. Toplam Organik Karbonun Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi

En yüksek TOC konsantrasyonu değerleri, Torul Barajı membaında kalan istasyonlarda çoğunlukla yaz ve ilkbahar mevsimlerinde elde edilirken, en düşük değerler de kış ve sonbahar mevsimlerinde tespit edilmiştir. TOC konsantrasyonundaki mevsimsel değişim TKN parametresinde olduğu gibi H1 istasyonundan H3 istasyonuna kadar kış < sonbahar < ilkbahar < yaz şeklinde gerçekleşirken, öncesinde atıksu deşarjının

yapıldığı H4 istasyonunda kış < ilkbahar < yaz < sonbahar şekline dönüşmüştür. H5 istasyonunda kış < sonbahar < yaz < ilkbahar şeklinde olan bu değişim H6’da ilk duruma gelmiştir. Torul Barajı mansabında kalan istasyonlardaki mevsimsel değişim ise kış < sonbahar < yaz < ilkbahar şeklinde gerçekleşmiştir.

İstasyon bazında en yüksek TOC konsantrasyonu değerleriyle, Şekil 58’de görüldüğü üzere yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla ortalama 8.08, 10.88 ve 3.44 mg/L olarak öncesinde evsel atıksu deşarjının yapıldığı H4 istasyonunda, ilkbahar mevsiminde ise ortalama 5.50 mg/L olarak Torul HES mansabındaki H7 istasyonunda karşılaşılmıştır. Buna karşın en düşük TOC konsantrasyonu değerleriyle sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla ortalama 0.91 ve 0.73 mg/L olarak Kürtün HES mansabındaki H8 istasyonunda, ilkbahar mevsiminde ortalama 3.28 mg/L olarak H1 istasyonunda ve yaz mevsiminde ise ortalama 2.76 mg/L olarak Doğankent HES mansabındaki H9 istasyonunda karşılaşılmıştır.



Şekil 58. Toplam organik karbon konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi

SKKY’ye göre bir değerlendirme yapıldığında Harşit Çayı’nın I. Sınıf için müsaade edilen 5 mg/L’lik sınır değerinin genelde altında bir konsantrasyona sahip olduğu görülmektedir (Şekil 58). Her bir istasyon için mevsimsel bir sınıflandırma Tablo 52’de yapılmaktadır. Gerek ulusal gerekse uluslararası yönetmeliklerde TOC için bir değerlendirme yapılmamaktadır. Ancak, İTASHY’de TOC ile ilgili olarak “anormal değişim yok” ifadesine, TS 266’da ise “fark edilebilir bir değişiklik gözlenmemelidir” ifadesine yer verilmektedir.

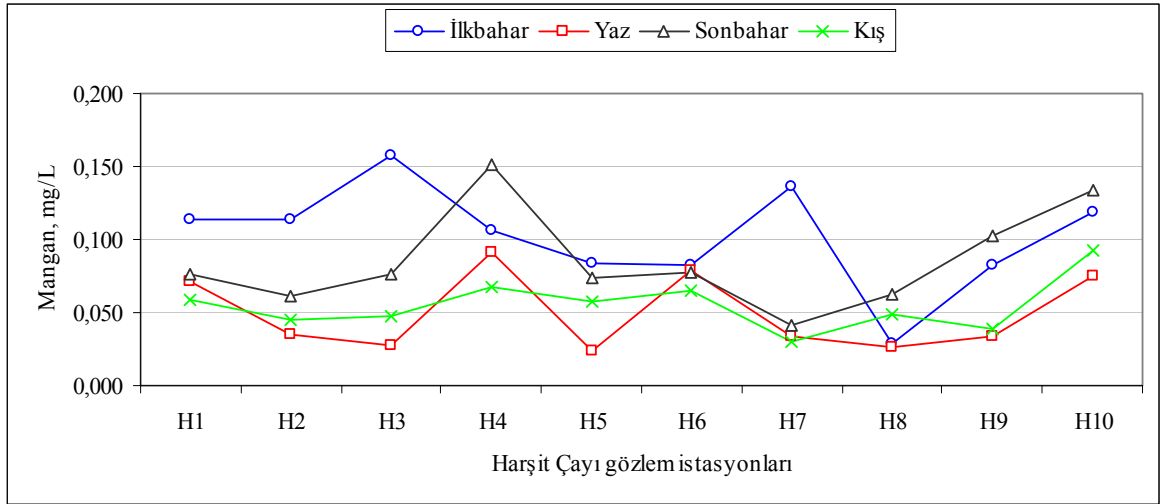
Tablo 52. SKKY'ye göre TOC konsantrasyonu değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması

| İstasyonlar | * : I. sınıf | ** : II. sınıf | *** : III. sınıf | **** : IV. sınıf |
|-------------|--------------|----------------|------------------|------------------|
|             | İlkbahar     | Yaz            | Sonbahar         | Kış              |
| H1          | *            | *              | *                | *                |
| H2          | *            | *              | *                | *                |
| H3          | *            | **             | *                | *                |
| H4          | **           | ***            | ***              | *                |
| H5          | *            | *              | *                | *                |
| H6          | *            | *              | *                | *                |
| H7          | **           | *              | *                | *                |
| H8          | *            | *              | *                | *                |
| H9          | *            | *              | *                | *                |
| H10         | *            | *              | *                | *                |

#### 4.1.17. Manganın Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi

$Mn^{2+}$  su kalitesi parametresinin mevsimsel değişimi ile ilgili olarak her ne kadar belirli bir eğilim olmasa da en yüksek konsantrasyon değerleri büyük ölçüde ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde, en düşük değerler ise yaz ve kış mevsimlerinde tespit edilmiştir. Torul Barajı membaında kalan istasyonlar için net olarak söylenemese de, mansabında kalan istasyonlarda  $Mn^{2+}$ 'nın mevsimsel değişimi bulanıklık ile birebir örtüşmektedir.

İstasyon bazında en yüksek  $Mn^{2+}$  değerleriyle, Şekil 59'da görüldüğü üzere Torul Barajı membaında, yaz ve sonbahar mevsimlerinde azalan debi ve atıksu deşarjı etkisiyle H4 istasyonunda, kış mevsiminde kum çakıl ocağı işletmelerinin etkisi ile H10 istasyonunda, ilkbahar mevsiminde ise H3 istasyonunda karşılaşılmıştır. En düşük  $Mn^{2+}$  değerleriyle Torul Barajı mansabında kalan istasyonlarda, sonbahar ve kış mevsimlerinde H7 istasyonunda, ilkbahar mevsiminde H8 istasyonunda, yaz mevsiminde ise Torul HES membasındaki H5 istasyonunda karşılaşılmıştır (Şekil 59). Torul ve Kürtün Barajlarının bu düşüşlerde etkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 59. Mangan konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi

SKKY'ye göre bir değerlendirme yapıldığında, Harşit Çayı'nın I. Sınıf için müsaade edilen 0.100 mg/L'lik sınır değerinin çoğu kez altında bir değere sahip olduğu görülmektedir (Şekil 59). Her bir istasyon için mevsimsel bir sınıflandırma Tablo 53'te yapılmaktadır.

Tablo 53. SKKY'ye göre  $Mn^{2+}$  konsantrasyonu değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması

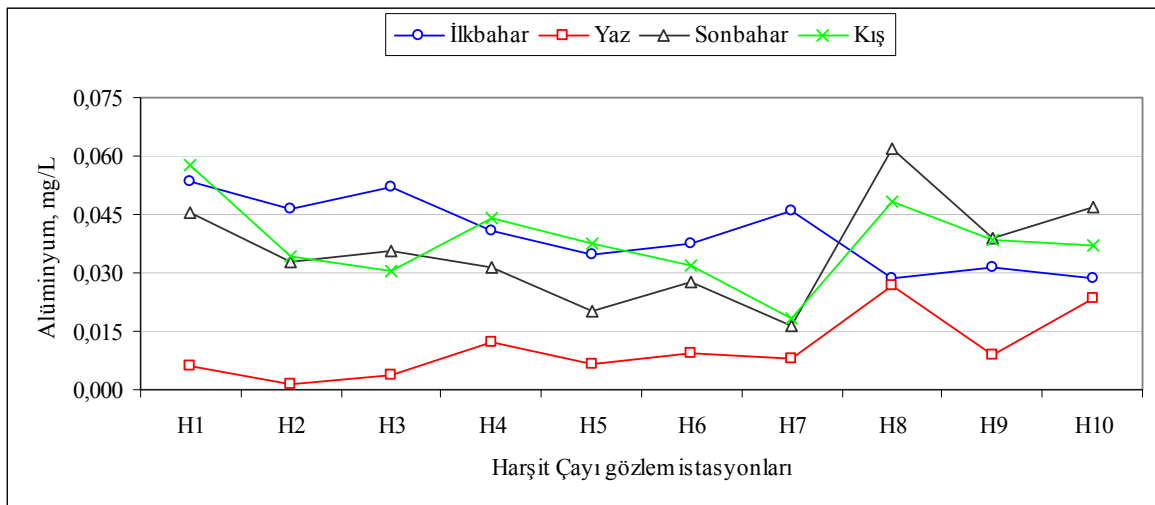
| İstasyonlar | * : I. sınıf | ** : II. sınıf | *** : III. sınıf | **** : IV. sınıf |
|-------------|--------------|----------------|------------------|------------------|
|             | İlkbahar     | Yaz            | Sonbahar         | Kış              |
| H1          | **           | *              | *                | *                |
| H2          | **           | *              | *                | *                |
| H3          | **           | *              | *                | *                |
| H4          | **           | *              | **               | *                |
| H5          | *            | *              | *                | *                |
| H6          | *            | *              | *                | *                |
| H7          | **           | *              | *                | *                |
| H8          | *            | *              | *                | *                |
| H9          | *            | *              | **               | *                |
| H10         | **           | *              | **               | *                |

İTASHY’de ve TS 266’da Sınıf 2 ve Tip 2 için müsaade edilen 0.050 mg/L’lik  $Mn^{2+}$  konsantrasyonu değeri EC tarafından önerilen değer ile aynıdır. Özellikle ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde, bu değerin hemen hemen tüm istasyonlarda aşıldığı ve Harşit Çayı’nın içme ve kullanma suyu olarak kullanılabilmesi için arıtım gerektiği anlaşılmıştır.

#### 4.1.18. Alüminyumun Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi

$Al^{3+}$  su kalitesi parametresinin mevsimsel değişimi ile ilgili olarak her ne kadar belirli bir eğilim olmasa da Harşit Çayı’nın Torul Barajı membaında kalan bölümünde en yüksek konsantrasyon değerleri büyük ölçüde kış ve ilkbahar mevsimlerinde, en düşük değerler ise yaz ve sonbahar mevsimlerinde tespit edilmiştir. Torul Barajı mansabında kalan bölümde ise en yüksek değerler sonbahar ve kış mevsimlerinde, en düşük değerler de yaz ve ilkbahar mevsimlerinde belirlenmiştir (Şekil 60).

İstasyon bazında en yüksek  $Al^{3+}$  konsantrasyonu değerleriyle, Şekil 60’da görüldüğü üzere yaz ve sonbahar mevsimlerinde sırasıyla ortalama 0.027 ve 0.062 mg/L olarak Kürtün HES mansabındaki H8 istasyonunda, kış ve ilkbahar mevsimlerinde ise 0.058 ve 0.053 mg/L olarak H1 istasyonunda karşılaşılmıştır. En düşük  $Al^{3+}$  konsantrasyonu değerleriyle sonbahar ve kış mevsimlerinde ortalama 0.016 ve 0.019 mg/L olarak Torul HES mansabındaki H7 istasyonunda, ilkbahar mevsiminde 0.029 mg/L olarak H8 istasyonunda, yaz mevsiminde ise 0.001 mg/L olarak H2 istasyonunda karşılaşılmıştır.



Şekil 60. Alüminyum konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi

SKKY'ye göre bir değerlendirme yapıldığında Harşit Çayı'nın I. Sınıf için müsaade edilen 0.300 mg/L'lik sınır değerinin oldukça altında bir  $Al^{3+}$  konsantrasyonuna sahip olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 60). Her bir istasyon için mevsimsel bir sınıflandırma Tablo 54'te yapılmaktadır.

Tablo 54. SKKY'ye göre  $Al^{3+}$  konsantrasyonu değerlerinin mevsimsel sınıflandırılması

| İstasyonlar | * : I. sınıf | ** : II. sınıf | *** : III. sınıf | **** : IV. sınıf |
|-------------|--------------|----------------|------------------|------------------|
|             | İlkbahar     | Yaz            | Sonbahar         | Kış              |
| H1          | *            | *              | *                | *                |
| H2          | *            | *              | *                | *                |
| H3          | *            | *              | *                | *                |
| H4          | *            | *              | *                | *                |
| H5          | *            | *              | *                | *                |
| H6          | *            | *              | *                | *                |
| H7          | *            | *              | *                | *                |
| H8          | *            | *              | *                | *                |
| H9          | *            | *              | *                | *                |
| H10         | *            | *              | *                | *                |

Gerek İTASHY'de gerekse TS 266'da Sınıf 2 ve Tip 2 için müsaade edilen 0.200 mg/L'lik  $Al^{3+}$  konsantrasyonu değeri hem EC hem de WHO tarafından önerilen değerler ile birebir örtüşmektedir. Dolayısıyla, Harşit Çayı'nın hem ulusal hem de uluslararası sınır değerleri sağladığı ve sakıncalı durumun olmadığı anlaşılmaktadır.

#### 4.1.19. Toplam Demirin Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi

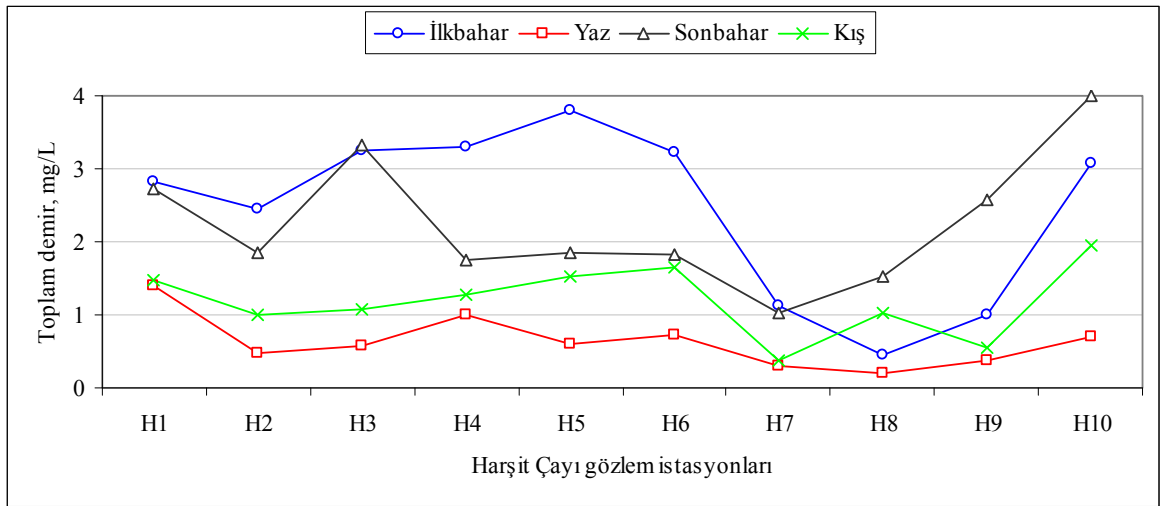
Toplam demir parametresinin akarsu boyunca mevsimsel değişimi, Şekil 61'de görüldüğü üzere ilk yedi istasyonda (H3 hariç) yaz < kış < sonbahar < ilkbahar şeklinde



gerçekleşmiştir. H8 istasyonunda yaz < ilkbahar < kış sonbahar olan mevsimsel değişim H9 ve H10 istasyonlarında yaz < kış < ilkbahar < sonbahar biçimindedir. Elde edilen demir konsantrasyonu, gerek suda çözülmüş halde bulunan gerekse AKM'den gelen demir konsantrasyonlarının toplamı olduğundan, bu parametrenin mevsimsel değişimi de büyük ölçüde AKM konsantrasyonundan etkilenecek H2, H4, H5, H6, H8 ve H9 istasyonlarında AKM parametresiyle aynı değişimi göstermiştir. Toplam demir ve AKM konsantrasyonları arasındaki korelasyonlar akarsu boyunca her bir istasyonda sırasıyla 0.855, 0.918, 0.917, 0.896, 0.940, 0.924, 0.802, 0.914, 0.991 ve 0.843 olup benzer değişimi desteklemektedir.

İstasyon bazında en yüksek toplam demir konsantrasyonu değerleriyle, Şekil 61'de görüldüğü üzere sonbahar ve kış mevsimlerinde azalan debi ve kum-çakıl ocağı işletmelerinin faaliyetleri neticesinde, sırasıyla ortalama 4.012 ve 1.962 mg/L olarak Tirebolu'daki H10 istasyonunda, ilkbahar mevsiminde 3.810 mg/L olarak H5 istasyonunda, yaz mevsiminde ise 1.393 mg/L değeri ile H1 istasyonunda karşılaşılmıştır.

Torul Barajı'ndaki hidrolik bekleme süresinin etkisiyle, membaındaki H6 istasyonuna kıyasla H7 istasyonundaki toplam demir konsantrasyonlarında düşüşler tespit edilmiştir. En düşük değerler sonbahar ve kış mevsimlerinde, sırasıyla ortalama 1.028 ve 0.372 mg/L olarak H7 istasyonunda, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde ise sırasıyla 0.462 ve 0.197 mg/L olarak Kürtün HES mansabındaki H8 istasyonunda elde edilmiştir.



Şekil 61. Toplam demir konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi

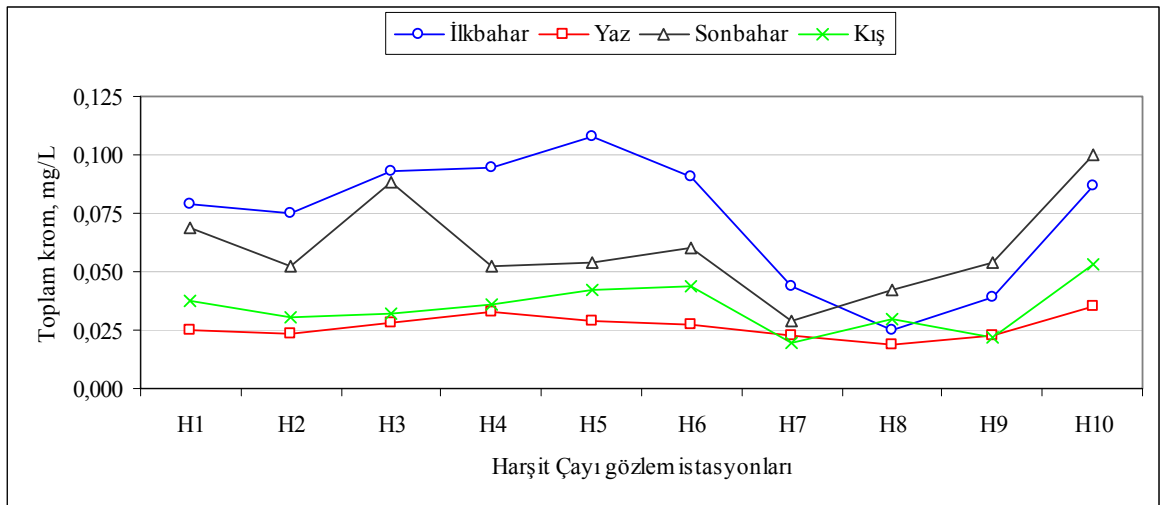
Elde edilen analiz değerleri, hem suda çözülmüş halde bulunan hem de AKM'deki mevcut demirin toplamı olduğundan SKKY'ye göre bir sınıflandırma yapılmamıştır.

#### 4.1.20. Toplam Kromun Akarsu Boyunca Mevsimsel Değişimi

Toplam krom parametresinin Torul Barajı membanda kalan istasyonlarda akarsu boyunca mevsimsel değişimi, Şekil 62’de görüldüğü üzere ve toplam demir parametresinininkine (H3 hariç) birebir benzer olarak yaz < kış < sonbahar < ilkbahar şeklinde gerçekleşmiştir. Torul Barajı mansabında kalan istasyonlarda da (H9 hariç) mevsimsel değişim yine toplam demirdeki gibi olmuştur. Elde edilen krom konsantrasyonu, gerek suda çözülmüş halde bulunan gerekse AKM’deki kromun toplamı olduğundan, bu parametrenin mevsimsel değişimi de Harşit Çayı’nın özellikle Torul Barajı membasında kalan bölümde büyük ölçüde AKM konsantrasyonundan etkilenerek H2, H3, H4 ve H5 istasyonlarında AKM parametresiyle aynı değişimi göstermiştir.

İstasyon bazında en yüksek toplam krom konsantrasyonu değerleriyle, Şekil 62’de görüldüğü üzere yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde azalan debi ve kum-çakıl ocağı işletmelerinin faaliyetleri neticesinde, sırasıyla 0.036, 0.100 ve 0.053 mg/L olarak Tirebolu’daki H10 istasyonunda, ilkbahar mevsiminde ise 0.108 mg/L değeri ile H5 istasyonunda karşılaşılmıştır.

Torul Barajı’ndaki hidrolik bekleme süresinin etkisiyle, membandaki H6 istasyonuna kıyasla H7 istasyonundaki toplam krom konsantrasyonlarında düşüşler tespit edilmiştir. En düşük değerler sonbahar ve kış mevsimlerinde, sırasıyla ortalama 0.029 ve 0.020 mg/L olarak H7 istasyonunda, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde ise sırasıyla 0.025 ve 0.019 mg/L olarak Kürtün HES mansabındaki H8 istasyonunda elde edilmiştir.



Şekil 62. Toplam krom konsantrasyonunun akarsu boyunca mevsimsel değişimi

## 4.2. Regresyon Analizi ve YSA Model Bulgularının İrdelenmesi

### 4.2.1. Giriş

YSA yöntemi ve regresyon modelinden elde edilen veriler, filtrasyon verileri ile karşılaştırılmış, Karesel Hataların Ortalamasının Karekökü (KHOK) ve Mutlak Hataların Ortalaması (MHO) hesaplanmıştır. KHOK ve MHO şu şekilde yapılmıştır:

$$KHOK = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_h - X_f)^2 \right]^{1/2} \quad (22)$$

$$MHO = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |X_h - X_f| \quad (23)$$

Denklemdaki  $x_f$ , filtrasyon işlemi neticesinde belirlenen AKM konsantrasyonu,  $x_h$  ise YSA veya regresyon modelinden hesaplanan AKM konsantrasyonudur.

Filtrasyon verileri kullanılarak; bulanıklık, toplam demir ve toplam kromun AKM konsantrasyonu değerlerine olan etkisi belirlenmiştir.

Bulanıklık, toplam demir ve toplam kromun farklı değerler alması durumunda, oluşacak AKM konsantrasyonunu belirlemek için YSA kullanılmış ve elde edilen değerler irdelenmiştir.

### 4.2. Askıda Katı Madde Konsantrasyonu Sonuçlarının İrdelenmesi

Bu bölümde, AKM konsantrasyonu için YSA ve regresyon analizinden elde edilen değerler analiz verileri ile karşılaştırılmış ve hesaplanan hata değerleri verilmiştir. Karşılaştırmalar, YSA yönteminde deneme ve doğrulama takımı için kullanılan örnek durumları için yapılmıştır.

Deneme takımı için modellerden elde edilen hata değerleri Tablo 55'te verilmektedir. Tablo 55 incelendiğinde; en küçük KHOK değeri 20.38 ile YSA analizi 7. Model'de, en küçük MHO değeri ise 11.55 değeri ile YSA analizi 6. Model'de olduğu görülmektedir. Her iki hata değeri birlikte değerlendirildiğinde en iyi sonucu veren modelin 7. Model olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra YSA'nın regresyon analizine göre daha iyi sonuç verdiği anlaşılmıştır.

Tablo 55. Deneme takımı için elde edilen hata değerleri

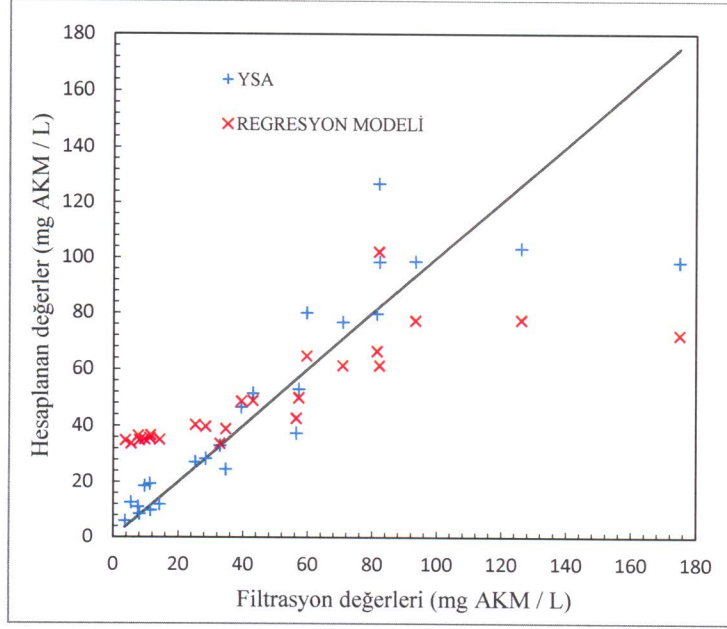
| Model No | KHOK         |                   | MHO          |                   |
|----------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|
|          | YSA          | Regresyon Analizi | YSA          | Regresyon Analizi |
| 1        | 22.22        | 30.58             | 13.87        | 18.12             |
| 2        | 21.98        | 29.96             | 12.99        | 21.88             |
| 3        | 22.71        | 27.80             | 14.92        | 20.04             |
| 4        | 21.75        | 26.71             | 15.18        | 17.49             |
| 5        | 21.85        | 29.91             | 12.83        | 22.11             |
| 6        | 21.09        | 27.51             | <b>11.55</b> | 20.25             |
| 7        | <b>20.38</b> | 29.43             | 11.67        | 21.56             |

Doğrulama takımı için elde edilen hata değerleri ise Tablo 56’da sunulmaktadır. Tablo’dan en küçük KHOK ve MHO değerlerinin YSA analizi 1. Model’de olduğu belirlenmiştir. Hata değerleri dikkate alındığında, doğrulama takımı için de genel olarak YSA, regresyon analizine göre daha iyi sonuç vermektedir.

Tablo 56. Doğrulama takımı için elde edilen hata değerleri

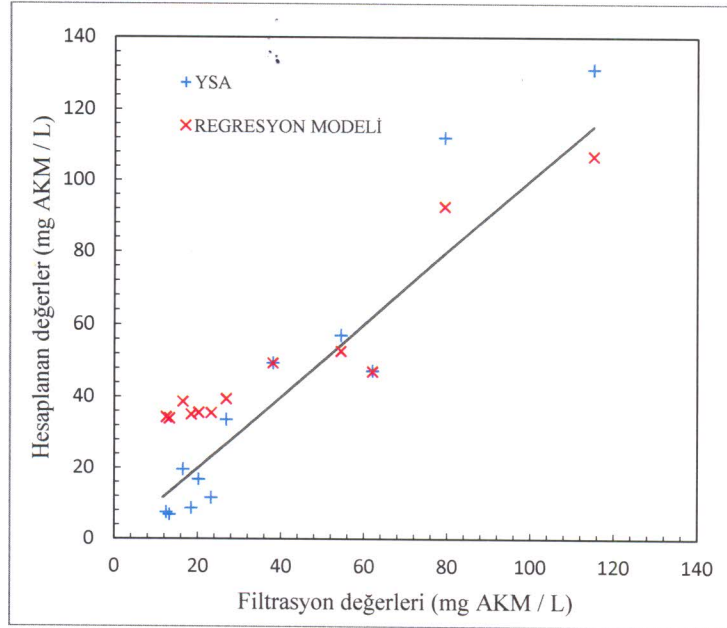
| Model No | KHOK        |                   | MHO         |                   |
|----------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|
|          | YSA         | Regresyon Analizi | YSA         | Regresyon Analizi |
| 1        | <b>9.78</b> | 21.04             | <b>6.44</b> | 12.75             |
| 2        | 28.83       | 16.67             | 25.10       | 12.25             |
| 3        | 13.97       | 28.79             | 9.82        | 18.18             |
| 4        | 16.01       | 29.89             | 11.05       | 19.38             |
| 5        | 15.02       | 15.88             | 10.51       | 14.65             |
| 6        | 14.98       | 16.10             | 11.01       | 14.57             |
| 7        | 13.05       | 15.35             | 10.29       | 14.28             |

Doğrulama takımı için elde edilen değerlerde her ne kadar 1. Model daha düşük hata verse de, eğitim ve deneme takımları için çok daha iyi sonuçları 7. Model vermiştir. Bu nedenle AKM konsantrasyonu tahmini için en uygun model olarak 7. Model seçilmiştir. Deneme takımı için 7. Model’den elde edilen AKM konsantrasyonu değerlerinin karşılaştırılması Şekil 63’te verilmektedir.



Şekil 63. AKM (mg/L) değerlerinin karşılaştırılması (deneme takımı)

Şekil 64'te doğrulama takımında kullanılan deney durumları için AKM konsantrasyonu değerlerinin karşılaştırılması verilmekte, YSA'nın regresyon modeline oranla daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.



Şekil 64. AKM (mg/L) değerlerinin karşılaştırılması (doğrulama takımı)

## 5. SONUÇLAR

Gümüşhane şehri içme ve kullanma suyu temininde yararlanılan keson kuyuların olduğu, Harşit Çayı ana kol boyunca seçilen istasyonlardan üçüncüsünün de bulunduğu Akçakale bölümünde, Harşit Çayı'nın Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre çözülmüş oksijen, sıcaklık, pH, nitrat azotu, amonyum azotu, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam organik karbon, mangan ve alüminyum bakımından I. Sınıf su kalitesine sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak, Akçakale bölümüne gelinceye kadar yol boyunca içinden geçtiği, küçük de olsalar Kale, Arzular ve Tekke gibi yerleşim birimlerinden gelen evsel atıksuları bünyesine aldığı için Harşit Çayı yüzeysel su kalitesi, nitrit azotu (ilkbahar ve sonbahar aylarında), toplam kjeldahl azotu, ortofosfat fosforu ve anyonik deterjan içeriği (yaz ve sonbahar aylarında) bakımından bir miktar kirlendiği ve II. Sınıf su kalitesine sahip olduğu anlaşılmıştır.

Gümüşhane şehriden gelen evsel atıksuların Harşit Çayı'na deşarj edilmesinden dolayı, membaındaki H3 istasyonunda elde edilen değerlere kıyasla yıllık ortalama bazda, yüzeysel sudaki mevcut nitrit azotu konsantrasyonunda % 472, nitrat azotunda % 40, amonyum azotunda % 1759, toplam Kjeldahl azotunda % 253, toplam azotta % 192, ortofosfat fosforunda % 175, anyonik deterjanda % 418, kimyasal oksijen ihtiyacında % 247, toplam organik karbon içeriğinde % 95'lik artışlar ortaya çıkmıştır. Bu artışların sonucunda, H4 istasyonu tüm istasyonların içinde en kirli nokta olarak karşımızda durmaktadır. Ancak, çözülmüş oksijen, sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, bulanıklık, askıda katı madde, toplam sertlik, alüminyum, toplam demir ve toplam krom içeriklerinde dikkate değer bir farklılık tespit edilmemiştir.

Gümüşhane şehriden gelen atıksuları bünyesine alan Harşit Çayı, gerek yan kollarn katılımı gerekse kendi kendini temizleme özelliği sayesinde, öncesinde atıksu deşarjı yapılan istasyonda elde edilen değerlere kıyasla yıllık ortalama bazda, yüzeysel sudaki mevcut nitrit azotu konsantrasyonunda % 48, nitrat azotunda % 19, amonyum azotunda % 93, toplam Kjeldahl azotunda % 70, toplam azotta % 63, ortofosfat fosforunda % 48, anyonik deterjanda % 72, kimyasal oksijen ihtiyacında % 69, toplam organik karbon içeriğinde % 46'lık bir azalma olmuştur. Sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, bulanıklık, askıda katı madde, toplam sertlik, toplam demir ve toplam krom değerlerinde dikkate değer bir değişim ortaya çıkmamıştır. Ancak, alüminyum konsantrasyonunda % 24 ve manganda

% 43'lük bir azalma olmuştur. Az da olsa çözünmüş oksijen konsantrasyonunda bir miktar artış olmuştur.

Torul Barajı, hidrolik bekleme süresi sayesinde yıllık ortalama bazda, baraj gölüne giren yüzeysel sudaki mevcut nitrit azotu konsantrasyonunda yaklaşık % 63, nitrat azotunda % 12, amonyum azotunda % 56, toplam Kjeldahl azotunda % 12, toplam azotta % 12, ortofosfat fosforunda % 18, anyonik deterjan konsantrasyonunda % 71, kimyasal oksijen ihtiyacında % 20, toplam organik karbon içeriğinde % 23, alüminyum konsantrasyonunda % 19 ve manganda ise % 20'lik bir azalmaya sebep olarak su kalitesine olumlu bir katkıda bulunmuştur. Bulanıklığı % 67 azaltarak, mansabındaki Kürtün Baraj gölüne giren suyun kalitesine olumlu bir etki yapmaktadır. Torul Barajı, askı madde konsantrasyonunun % 79'luk kısmını tutarak gerek su kalitesine olumlu bir etki yapmakta, gerekse mansabındaki Kürtün Barajı'nın işletme ömrünün uzamasına neden olmaktadır. Askı maddesinin büyük bir kısmını çökelterek, gerek toplam demir konsantrasyonunda % 61 gerekse toplam krom konsantrasyonunda % 48'lik bir azalmaya neden olmakta ve su kalitesine olumlu bir etki yapmaktadır. Sadece, çözünmüş oksijen konsantrasyonunda 1.4 mg/L'lik bir azalmaya neden olmasından dolayı su kalitesine olumsuz bir etki yapıyor gibi gözükse de yıllık ortalama 9.23 mg/L'lik çözünmüş oksijen konsantrasyonu ile SKKY'ye göre I. Sınıf su kalitesinde olup yeterli konsantrasyona sahiptir. Altıncı ve yedinci istasyonların arasındaki 268 m'lik kot farkından dolayı, su sıcaklığında sadece 0.6 °C'lik doğal bir artış belirlenmiştir. Yıllık ortalama pH değerindeki fark sadece 0.27 kadardır. Son olarak, Torul Barajı toplam sertliği % 17 kadar gidermiş, dolayısıyla da bu giderim kendisini elektriksel iletkenlik değerinde % 16'lık bir düşüşle göstermiştir.

Torul Barajı'nın hemen mansabındaki Kürtün Barajı da, hidrolik bekleme süresi sayesinde yıllık ortalama bazda, baraj gölüne giren yüzeysel sudaki mevcut nitrit azotu konsantrasyonunda yaklaşık % 43, toplam organik karbon içeriğinde % 21, alüminyum konsantrasyonunda % 53 ve manganda % 31'lik bir azalmaya sebep olarak su kalitesine olumlu bir katkıda bulunmaktadır. Ancak, bulanıklığı % 14 oranında gidermesine rağmen, askı madde konsantrasyonunu % 111 kadar büyük bir oranda artırmıştır. Askı madde konsantrasyonundaki artış beklentilerin aksine ortaya çıkmakta, hem toplam demir konsantrasyonunda % 24'lük hem de toplam krom konsantrasyonunda % 6'lık bir artışı beraberinde getirmektedir. Bu durum zaman zaman Kürtün Barajı dip savaklarının çalıştırılmasından kaynaklanmaktadır. Nitekim 14., 18. ve 23 çalışmalar hesaba katılmadığında, Kürtün Barajı'nın aslında bulanıklığı % 85 oranında giderdiği ve askı

maddesinin % 32'sini tuttuğu sonucuna ulaşılabacaktır. Çünkü sadece bu üç çalışmada elde edilen toplam askı madde konsantrasyonu, geri kalan yirmi bir çalışmadaki elde edilenin iki katından fazladır. Su sıcaklığındaki 1.8 °C'lik artışa rağmen çözülmüş oksijen konsantrasyonunda 2.1 mg/L'lik bir artış belirlenmiştir. Son olarak, Kürtün Barajı toplam sertliği % 34 kadar gidermiş, dolayısıyla da bu giderim kendisini elektriksel iletkenlik değerinde % 26'lık bir düşüşle göstermiştir.

Harşit Çayı'nın son durağı Karadeniz ile buluşmadan önce, içinden geçtiği Giresun'un Tirebolu İlçesi'nde, akarsu boyunca yerleşim birimlerinden gelen evsel atıksu deşarjlarından dolayı, onuncu ve son istasyonda, incelenen kimi parametrelerde bir önceki istasyona kıyasla önemli artışlar gözlemlenmiştir. Bu artışlar kendini, nitrit azotu konsantrasyonunda % 69, nitrat azotunda % 10, amonyum azotunda % 183, toplam Kjeldahl azotunda % 21, toplam azotta % 16, ortofosfat fosforunda % 12, anyonik deterjan konsantrasyonunda % 138, toplam organik karbon içeriğinde % 9 olarak göstermiştir. Ancak, çözülmüş oksijen, sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, toplam sertlik ve kimyasal oksijen ihtiyacı değerlerinde dikkate değer bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Özellikle, Tirebolu İlçesi'ndeki Harşit Çayı boyunca mevcut kum-çakıl ocağı işletmelerinden dolayı yıllık ortalama bazda, yüzeysel suyun bulanıklık değerlerinde % 125 ve bünyesindeki askı madde konsantrasyonunda da % 135 gibi çok ciddi bir artış belirlenmiştir. Gerek bulanıklık gerekse askı madde konsantrasyonundaki bu artışlar paralelinde alüminyum konsantrasyonunda % 17, manganda % 63, toplam demirde % 111 ve toplam kromda % 98'lik bir artışa yol açmış ve su kalitesini olumsuz şekilde etkilemiştir. Yüzeysel suyun kalitesindeki bu bozulma, yılda 2.5 hm<sup>3</sup> suyun temin edildiği, akarsuya 150-200 m uzaklıktaki keson kuyulardaki suyun kalitesini de dolayısıyla olumsuz yönde etkileyecektir.

Son olarak, askı maddesi konsantrasyonunun tahmininde bulanıklık, toplam demir ve toplam krom değerleri kullanarak yedi farklı model kullanılmış ve modellerde en düşük hata değeri bulanıklık, toplam demir ve toplam krom değişkenlerinin bağımsız değişken olarak belirlendiği Model 7'den elde edilmiştir. Model 7 için elde edilen KHOK değerleri deneme takımı için YSA'da 20.38, regresyon analizinde 29.43'tür. MHO değerleri ise YSA için 11.67 regresyon analizi için 21.56'dır. Model 7 için doğrulama takımında elde edilen KHOK değerleri YSA için 13.05, regresyon analizi için 15.35 olarak elde edilmiştir. MHO değerleri ise YSA için 10.29 regresyon analizi için 12.75'tir.



## 6. ÖNERİLER

Bu çalışma ile ilgili öneriler aşağıda sıralanmaktadır:

Çalışma kapsamında, gerek ekonomik gerekse laboratuvar imkanları dahilinde, portatif cihaz yardımıyla yerinde beş, laboratuvar imkanlarıyla da on beş olmak üzere toplamda yirmi fiziko-kimyasal parametre incelenebilmiştir. Su kalitesini tam olarak nitelendirmek için bu sayı yeterli görülmemektedir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde, "Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri" bahsinde toplamda kırk beş parametre değerlendirilmektedir. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda, gerek Harşit Çayı Havzası olsun gerekse diğer havzalarda, ileride yapılacak olan çalışmalarda incelenecek parametrelerin daha fazla tutulmasında yarar görülmektedir. Gerekirse Biyoloji, Fizik ve Kimya gibi bilim dallarında konuya ilgi duyan araştırmacılardan yardım alınabilir. Bakteriyolojik parametrelerden fekal koliform ve toplam koliform takibinde Biyoloji bilim dalından, Radyoaktivite parametrelerinden alfa ve beta aktivitesi takibinde Fizik bilim dalından ve cıva, kadmiyum, kurşun ve nikel gibi ağır metallerin takibinde Kimya bilim dalından yardım alınması önerilmektedir.

Çalışma sadece Harşit Çayı ana kol üzerinde ve toplamda on istasyonda gerçekleştirilmiş olup, yan kollarda su kalitesi hakkında bir fikir edinilememiştir. Harşit Çayı, başta Arzular, Kale, İkisu, Korum, Çit, Kürtün ve Gavraz akarsuları olmak üzere birçok yan kola sahiptir. Gerek bu yan kollarda su kalitesi, gerekse Harşit Çayı su kalitesine ve kirlilik yüklerine olan etkilerini de belirleyebilmek adına, havzada gerçekleştirilmesi muhtemel çalışmalarda, hem yan kollarda hem de ana kol ile birleşim öncesinde ve sonrasında seçilecek istasyonlarla daha fazla noktada çalışmanın faydalı olacağı düşünülmektedir.

Havzadaki yerleşim birimlerinin içme ve kullanma suyu ihtiyacı akarsuların kenarlarında açılan keson kuyulardan temin edilmektedir. Bilindiği kadarıyla da keson kuyulardan elde edilen sular hiçbir arıtıma tabi tutulmadan sadece klorlanarak tüketiciye ulaştırılmaktadır. Mevcut sularla akarsuyun yüzeysel su kalitesi arasındaki ilişki hakkında bir bilgi bulunmamaktadır. Bundan dolayı ileride gerçekleştirilmesi muhtemel çalışmalarda bu durum göz önüne alınarak keson kuyuların su kalitesinin de ayrıca takip edilmesi önerilmektedir.

Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Veri Tabanı 2010 yılı verilerine göre Harşit Çayı Havzası'ndaki yerleşim birimlerinden sadece Gümüşhane'nin toplam nüfusu 129618'dir. Bu nüfusun % 47.2'si de şehir merkezlerinde yaşamakta ve üretilen atık sular da hiçbir işleme tabi tutulmadan doğrudan akarsulara verilmektedir (Şekil 65). Gümüşhane'de üretilen atık suların uzaklaştırılmasında alıcı ortam olarak Harşit Çayı'nın kullanılması sonucunda Harşit Çayı yüzeysel su kalitesine olan etkileri bu çalışma kapsamında incelenmiş, fakat atık suyun gerek miktarı gerekse kirlilik yükü hakkında bir çalışma yapılamamıştır. Bu durum göz önüne alınarak planlanacak bir çalışmada, en azından bir yıl boyunca düzenli aralıklarla, özellikle Gümüşhane atık sularının miktarı (sabah, öğle ve akşam) ve kirlilik durumu hakkında bir çalışma yapılması önerilmektedir. Yapılan çalışma sonucunda mevcut atık suların arıtımı için bir tesis planlanmalıdır. Her ne kadar akarsular kendi kendini temizleme kabiliyetine sahip olsalar da mevcut kirlilik yüklerini tamamen ortadan kaldırmaları mümkün değildir. Dolayısıyla da bir noktadan deşarj edilen kirli sular bir sonraki yerleşim biriminin su kalitesini olumsuz şekilde etkilemekte ve yüzeysel suyu kullanılamaz hale getirebilmektedir.



Şekil 65. Harşit Çayı'nın atık suların uzaklaştırılmasında alıcı ortam olarak kullanılması

Su kalitesi çalışmaları incelendiğinde, örnekleme sıklığının mevsimsel, aylık, on beş günlük veya haftalık şeklinde olduğu görülmektedir. Bu durum göz önüne alınarak çalışmayı on beş günlük aralıklarla gerçekleştirmenin yararlı olacağı düşünülmüştür. Fakat gerek bulanıklık gerekse askıda katı madde takibinde özellikle karların erimeye başladığı, yağışların arttığı Nisan, Mayıs ve Haziran aylarını kapsayan dönemde örnekleme sıklığının günlük olması önerilmektedir. Ancak bu şekilde daha sağlıklı verilere ulaşılabilir ve akarsu

üzerinde işletilmekte ve yapılmakta olan su yapılarının askıda katı madde hareketine olan etkileri incelenebilir.

Tüm havzalarda olduğu gibi Harşit Çayı Havzası'nda ve özellikle Giresun İli'nin Doğankent ve Tirebolu İlçeleri arasında kalan bölümde ve Harşit Çayı'nın Karadeniz ile bulunduğu noktaya yakın bir bölgede çok yoğun bir kum-çakıl ocağı işletmesi söz konusudur (Şekil 66). Mevcut işletmelerin neticesinde suyun bulanıklığı oldukça artmakta, askıda katı madde konsantrasyonu yükselmekte bu durum beraberinde yüzeysel suyun içerdiği inorganik kirlenme parametrelerinden başta demir, krom, alüminyum ve mangan olmak üzere diğer parametrelerin konsantrasyonlarında çok ciddi artışları getirmektedir. Fakat gözlem ve örnekleme çalışmaları on beş günlük aralıklarla ve sınırlı bir zaman diliminde gerçekleştirildiği için gerçek durumu da tam anlamıyla yansıtamamaktadır. Sadece Harşit Çayı'nın Doğankent ve Tirebolu bölümünü kapayan sınırlı bir kesitte gerek örnekleme noktalarını gerekse sıklığını artırarak (haftalık) ve günün belli saatlerinde (06:00, 12:00, 18:00 ve 24:00 gibi) olacak şekilde bir çalışma planlanabilir. Bu şekilde, işletilmekte olan kum-çakıl ocaklarının yüzeysel su kalitesine hatta Tirebolu İlçesi'nin içme ve kullanma suyu temininde yararlanılan keson kuyuların su kalitesine olan etkilerinin daha gerçekçi incelenme fırsatı olacaktır.



Şekil 66. Harşit Çayı'nın Tirebolu bölümündeki kum-çakıl ocağı işletmeleri

Elde edilen bulanıklık ve askıda katı madde konsantrasyonu değerleri Harşit Çayı Havzası'nın gerek topoğrafik yapısı, gerekse bitki örtüsü bakımından erozyona son derece müsait olduğunu göstermektedir. Havzada sınırlı olan tarım arazilerinin korunması, işletilmekte ve planlanmakta olan hidrolik yapıların ekonomik ömürlerinin uzatılması

bakımından bu erozyonun kontrol altına alınmasını gerektirmektedir. Yüzey erozyonuna maruz ve bitki örtüsünü kısmen veya tamamen kaybetmiş orman alanların ağaçlandırmaya müsait olan kısımları ağaçlandırılmalı, ağaçlandırmaya müsait olmayan, yüzey toprağının çok sığ olduğu dik yamaçlarda ve kıraç arazilerde yöreye has “geven” bitkisi düşünülmelidir. Literatürde, geven bitkisinin en dik yamaçlarda dahi toprak yüzeyini bir zırh gibi örterek aşınmasını önlediği, kapladığı alanlarda kendi alanının iki ila üç katı kadar toprağı tutabildiği ve erozyonu ortalama beş yılda tamamen kontrol altına aldığı belirtilmektedir.

Çalışma kapsamında elde edilen veriler, kültür balıkçılığı açısından irdelenip değerlendirilebilir. Havzada, özellikle Kürtün Baraj gölünde (Şekil 67) gökkuşağı alabalığı üretimi yapıldığı bilinmektedir. Torul Barajı'nın hayata geçirilmesi ile birlikte bu baraj gölünde de benzer girişimler olacaktır. Dolayısıyla çalışma kapsamında incelenen parametrelerin özellikle altıncı (Torul Barajı membası) ve yedinci (Kürtün Barajı membası) istasyonlar için elde edilen verileri, işletilmekte ve planlanmakta olan kafeste alabalık üretim işletmeleri için yol gösterebilir.



Şekil 67. Kürtün Baraj gölünde kafes balıkçılığı (Bayram ve Önsoy, 2011b)

Harşit Çayı Havzası'nda kirlilik kaynaklarından biri de hiç şüphesiz katı atıklardır. Yerleşim birimlerinden gelen katı atıklar, ülkemizde yaygın bir şekilde uygulanan düzensiz depolama şeklinde uzaklaştırılmaktadırlar (Şekil 68). Gümüşhane, Torul ve Doğankent düzensiz (vahşi) depolama alanları özellikle göze çarpmaktadır. Düzensiz depolama sonucunda, meydana gelen sızıntı suları ile gerek yüzeysel (Şekil 69), gerekse yer altı su



kaynaklarının kirlenmesi söz konusudur. Dolayısıyla havzada üretilen katı atıklar tek bir elden yönetilmeli ve uygun yer seçimi yapılarak düzenli bir şekilde uzaklaştırılmalıdır. Bu şekilde mevcut su kaynakları korunabileceği gibi, düzensiz depolamanın beraberinde getirdiği diğer tüm sakıncalı durumların da ortadan kaldırılması mümkün olacaktır.



Şekil 68. Harşit Çayı Havzası'nda katı atıkların düzensiz depolanması (Gümüşhane)



Şekil 69. Harşit Çayı'nda katı atıklardan kaynaklanan kirlilik

Mezbaha atık suları da bir diğer kirlilik kaynaklarından ve hiçbir arıtıma tabi tutulmadan doğrudan akarsuya verilmektedir. İçerdiği yüksek kirlilik yükleriyle de su kalitesini tehdit etmektedir. Sadece bu konu üzerinde durulup, havzadaki tüm mezbahalar ve ortaya çıkardıkları katı atık ve atık su miktarları ile kirlilik yükleri belirlenebilir.

Bir akarsuyun debisi, suyun kalitesi ve kirlilik toleransı bakımından oldukça önemlidir. Akarsuya verilen kirletici atıklar, debinin az olduğu zaman daha fazla, yüksek

olduğu zaman ise daha az kirliliğe sebep olmaktadırlar. Yerinde gözlem ve örnekleme çalışmalarının yapıldığı zaman diliminde akarsuyun ilgili kesitindeki debinin belirlenmesine yönelik bir çalışma yapılamamıştır. Dolayısıyla elde edilen değerler konsantrasyon şeklinde olup, gerek askıda katı madde gerekse kirlilik yükleri hakkında bir fikir edinilememektedir. Ayrıca, debi gerek matematik modellemelerde gerekse tahmin çalışmalarında kullanılan en önemli parametrelerden biridir. Dolayısıyla, havzada gerçekleştirilmesi muhtemel çalışmalarda bu durumun göz önüne alınarak debinin de ayrıca belirlenmesi yoluna gidilmelidir. Bir diğer yaklaşım ise havzada gerek DSİ gerekse EİE tarafından işletilen AGİ'lerin, yerinde gözlem ve örnekleme noktaları olarak seçilebileceği yönündedir.

Çalışma kapsamında, askıda katı madde konsantrasyonu tahmini için YSA ve regresyon modeli kullanılmıştır. Askı maddesi konsantrasyonu değerlerinin yeni geliştirilen ve gelecekte geliştirilecek analiz teknikleri ile de değerlendirilmesi yararlı olacaktır.

Son olarak, akademik çalışmanın yanı sıra, bölge ve ülke yararı da düşünülerek ve birçok fedakarlık gösterilerek gerçekleştirilen bu tür çalışmalarda, imkanlar ölçüsünde gerek yerel yönetimler, gerek devlet kurumları, gerekse sivil toplum kuruluşlarınca işbirliğine uzak durulmaması, mevcut imkanların paylaşılması, maddi ve manevi destek verilmesi önerilmekte ve bunun bölgemize, ülkemize ve bilime katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## 7. KAYNAKLAR

- Akal, S.K., Elmacı, A. ve Payan, F., 1999. Kentleşmenin Ekolojik Sisteme ve Çevreye Etkileri ile Çözüm Önerileri, Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu'99, Şubat, İstanbul, Bildiriler Kitabı I: 106-116.
- Alp, M. ve Cigizoglu H.K., 2007. Suspended Sediment Load Simulation by Two Artificial Neural Network Methods Using Hydrometeorological Data, Environmental Modelling and Software, 22,1, 2-13.
- APHA, 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th ed., APHA, AWWA, WEF, Washington, D.C.
- Aslan, M., 2008. Eymir Gölü'nde Su Kalitesinin Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Adaptif Sinirsel Bulanık İlişkisel Sistem (ASBİS) İle Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bayram, İ., 2000. Harşit Çayı'nın (Giresun) Epipelik ve Epilitik Alg Florası, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Bayram, A., 2004. Gümüşhane Merkez Katı Atık Özelliklerinin Belirlenmesi ve Uzaklaştırma Yöntemlerine Uygulanabilirliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Bayram, A., Kankal, M., Önsoy, H. ve Bulut, V.N., 2010a. Harşit Çayı Hidrolik Yapılarının Askı Madde Hareketine Etkileri, VI. Ulusal Hidroloji Kongresi, Eylül, Denizli, Bildiriler Kitabı: 873-882.
- Bayram, A., Onsoy, H., Bulut, V.N. ve Tufekci, M., 2010b. Dissolved Oxygen Levels in the Stream Harşit (Turkey), 9th International Congress on Advances in Civil Engineering, September, Trabzon, Book of Abstracts: 214 (full text in CD: ACE2010-HYD-041).
- Bayram, A., Onsoy, H., Bulut, V.N. ve Tufekci, M., 2010c. Effect of Torul and Kürtün Dams on Suspended Sediment Concentration in the Stream Harşit (Turkey), 9th International Congress on Advances in Civil Engineering, September, Trabzon, Book of Abstracts: 215 (full text in CD: ACE2010-HYD-042).
- Bayram, A., Onsoy, H., Akinci, G. ve Bulut, V.N., 2011a. Variation of Total Organic Carbon Content Along the Stream Harsit, Eastern Black Sea Basin, Turkey, Environmental Monitoring and Assessment, 182,1-4, 85-95.
- Bayram, A., Onsoy, H., Bulut, V.N., Tufekci, M. ve Akpınar, A., 2011b. Effects of Gumushane Municipal Wastewaters on the Stream Harsit Water Quality, Turkey, 4th International Conference on Water Resources and Sustainable Development, February, Algiers, Proceedings: 167-173.

- Bayram, A., Onsoy, H., Komurcu, M.I. ve Bulut V.N., 2011c. Effects of Torul Dam on Water Quality in the Stream Harsit, NE Turkey, Environmental Earth Sciences, DOI: 10.1007/s12665-011-1118-5.
- Bayram, A., Kankal, M. ve Onsoy, H., 2011d. Estimation of Suspended Sediment Concentration From Turbidity Measurements Using Artificial Neural Networks, Environmental Monitoring and Assessment, DOI: 10.1007/s10661-011-2269-2.
- Bayram, A., Önsoy, H., Bulut, V.N. ve Tüfekçi, M., 2011e. Evsel Atık Su Deşarjının Yüzeysel Su Kalitesine Etkilerinin İncelenmesi: Harşit Çayı Örneği (Gümüşhane), 6. Kentsel Altyapı Sempozyumu, Ekim, Antalya, Bildiriler Kitabı: 427-438.
- Bayram, A. ve Önsoy, H., 2011a. Harşit Çayında (Giresun-Tirebolu) Kum - Çakıl Ocağı İşletmelerinin Su Kalitesine Etkilerinin İncelenmesi, 5. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, Eylül, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 813-822.
- Bayram, A. ve Önsoy, H., 2011b. Barajların Su Kalitesine Etkilerinin İncelenmesi: Torul Barajı Örneği (Harşit Çayı - Gümüşhane), 5. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, Eylül, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 957-970.
- Bayram, A. ve Önsoy, H., 2011c. Harşit Çayı Tarafından (Giresun-Tirebolu) Karadeniz'e Taşınan Kirleticilerin Belirlenmesi, 7. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Kasım, Trabzon, Bildiriler Kitabı: 545-555.
- Brilly, M., Rusian, S. ve Vidmar, A., 2006. Monitoring the Impact of Urbanisation on the Glinscica Stream, Physics and Chemistry of the Earth, 31,17, 1089-1096.
- Buğdaycı, R., 1992. Doğankent Sağlık Eğitim Araştırma Bölgesindeki Kuyu Sularının Fiziksel, Kimyasal ve Bakteriolojik İncelenmesi, Tıpta Uzmanlık, Çukurova Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Adana.
- Bulut, V. N., 2005. Trabzon (Maçka) Kalyan Akarsuyu'nun Su Kalitesinin Araştırılması ve Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Chen, D.J., Lu, J. ve Shen, Y.N., 2010. Artificial Neural Network Modelling of Concentrations of Nitrogen, Phosphorus and Dissolved Oxygen in a Non-Point Source Polluted River in Zhejiang Province, Southeast China, Hydrological Processes, 24,3, 290-299.
- Cigizoglu, H.K., 2004. Estimation and Forecasting of Daily Suspended Sediment Data by Multi-Layer Perceptrons, Advances in Water Resources, 27,2, 185-195.
- Cigizoglu, H.K. ve Kisi, O., 2009. Methods to Improve the Neural Network Performance in Suspended Sediment Estimation, Journal of Hydrology, 317,3-4, 221-238.
- Cobaner, M., Unal, B. ve Kisi, O., 2009. Suspended Sediment Concentration Estimation by an Adaptive Neuro-Fuzzy and Neural Network Approaches Using Hydro-Meteorological Data, Journal of Hydrology, 367,1-2, 52-61.



Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the Quality of Water Intended for Human Consumption.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:330:0032:0054:EN:PDF> 21 Ağustos 2011.

Cukrov, N., Cmk, P., Mlakar, M. ve Omanovic, D., 2008. Spatial Distribution of Trace Metals in the Krka River, Croatia: An example of the Self-purification, Chemosphere, 72,10, 1559-1566.

Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü,

[http://www.havzakorumam.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=81&Itemid=79](http://www.havzakorumam.com/index.php?option=com_content&view=article&id=81&Itemid=79) 02 Ocak 2012

Daniel, M.H.B., Montebelo, A.A., Bernardes, M.C., Ometto, J.P.H.B., De Camargo, P.B., Krusche, A.V., Ballester, M.V., Victoria, R.L. ve Martinelli, L.A., 2002. Effects of Urban Sewage on Dissolved Oxygen, Dissolved Organic Carbon, and Electrical Conductivity of Small Streams along a Gradient of Urbanization in the Piracicaba River Basin, Water Air and Soil Pollution, 136,1-4, 189-206.

Demir, A., Kanat, G. ve Debik, E., 2000. Atıksu Arıtımında Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Metodlar, Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın Merkezi, İstanbul, 175 S.

Demuth, H., Beale, M. ve Hagan, M., 2007. Neural Network Toolbox 5 User's Guide, The Math Works.

DMİ, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Yıllık Toplam Yağış Verileri.

<http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx> 02Aralık 2011a.

DMİ, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, İl ve İlçelerimize Ait İstatistik Veriler.

<http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=GUMUSHANE> 02 Aralık 2011b.

Dogan, E., Yuksel, I. ve Kisi, O., 2007. Estimation of Total Sediment Load Concentration Obtained by Experimental Study Using Artificial Neural Networks, Environmental Fluid Mechanics, 7,4, 271-288.

Dogan, E., Sengorur, B. ve Koklu R., 2009. Modeling Biological Oxygen Demand of the Melen River in Turkey Using An Artificial Neural Network Technique, Journal of Environmental Management, 90,2, 1229-1235.

DSİ, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları.

<http://www2.dsi.gov.tr/topraksu.htm> 02 Aralık 2011a.

DSİ, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Akım Gözlem İstasyonları Genel Bilgiler.

<http://www2.dsi.gov.tr/agibilgi/agibilgi.aspx> 02 Aralık 2011b.

- DSİ, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Basın Bültenleri.  
[http://www2.dsi.gov.tr/basin/gumushane\\_torul.htm](http://www2.dsi.gov.tr/basin/gumushane_torul.htm) 02 Aralık 2011c.
- Duran, M. ve Suicmez, M., 2007. Utilization of Benthic Macroinvertebrates and Physicochemical Parameters for Evaluating Water Quality of the Stream Cekerek (Tokat, Turkey), Journal of Environmental Biology, 28,2, 231-236.
- Dügel, M., 2001. Büyük Menderes Nehri'nin Su Kalitesinin Biyolojik ve Fiziko-Kimyasal Yöntemlerle Belirlenmesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Dynesius, M. ve Nilsson, C., 1994. Fragmentation and Flow Regulation of River System in the Northern 3rd of the World, Science, 266,5186, 753-762.
- Egemen, Ö., 2000. Çevre ve Su Kirliliği, Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yayın No: 42 (3. Baskı), İzmir.
- EİE, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Su Akımları Aylık Ortalamaları (1935-2005).  
[http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/HES/hidroloji/YayFotFilm/Su\\_Akimlari\\_Aylik\\_Ortalamalari\(1935-2005\).pdf](http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/HES/hidroloji/YayFotFilm/Su_Akimlari_Aylik_Ortalamalari(1935-2005).pdf) 02 Aralık 2011.
- Elhatip, H. ve Kömür, M.A., 2008. Evaluation of Water Quality Parameters for the Mamasin Dam in Aksaray City in the Central Anatolian Part of Turkey by means of Artificial Neural Networks, Environmental Geology, 53,6, 1157-1164.
- Erdem, A., 2002. Düden Çayı'nın Su Kalitesinin İncelenmesi ve Akdeniz'e Taşınan Kirlilik Yüklerinin Mevsimsel Değişiminin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Erdoğan, A.O., 2004. Türkiye'de Optimum Maliyete Dayalı Atıksu Arıtma Tesisi Tasarımı, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Erkek, C. ve Ağırlioğlu, N., 2010. Su Kaynakları Mühendisliği, Altıncı Baskı, Beta Basım, İstanbul.
- Fogg, J. ve Wells, G., 1998. Stream corridor restoration. Principles, processes, and practices. US Department of Agriculture, US Environmental Protection Agency, Tennessee Valley Authority, Federal Emergency Management Agency, US Department of Commerce, US Department of Housing and Urban Development, US Department on the Interior, 536.
- Gültekin, F., 1998. Gümüşhane ve Bayburt Yöresi Mineralli Su Kaynaklarının Hidrokimyasal ve İzotopik Özellikleri, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Gümüşhane Valiliği, 1999. Cumhuriyet'in 75. Yılında Gümüşhane, Gümüşhane.

- Halıcı, U., Artificial Neural Network, Lecture Notes.  
<http://www.eee.metu.edu.tr/~halici/courses/543LectureNotes/543index.html>  
 02 Aralık 2011.
- Hall, M.J., 1984. Urban Hydrology. Elsevier, UK, 280.
- Hay, B.J., 1994. Sediment and Water Discharge Rates of Turkish Black Sea Rivers before and after Hydropower Dam Construction, Environmental Geology, 23,4, 276-283.
- Haykin, S., 1994. Neural Networks: A Comprehensive Foundation (2nd Edition), Macmillan.
- Holmberg, M., Forsius, M., Starr, M. ve Huttunen, M., 2006. An Application of Artificial Neural Networks to Carbon, Nitrogen And Phosphorus Concentrations in Three Boreal Streams And Impacts of Climate Change, Ecological Modelling, 195,1-2, 51-60.
- Huang, W.R. ve Foo, S., 2002. Neural Network Modeling of Salinity Variation in Apalachicola River, Water Research, 36, 1115-1126.
- Isik, S., Dogan, E., Kalin, L., Sasal, M. ve Agiralioglu, N., 2008. Effects of Anthropogenic Activities on the Lower Sakarya River, Catena, 75,2, 172-181.
- İleri, R., 2000. Çevre Biyoteknolojisi, Birinci Baskı, Değişim Yayınları, Adapazarı, 661.
- Kaçan, E., 2006. Gümüşçay ve Çürüksu Akarsularının Kirlilik Parametrelerinin Saptanması ve İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Kalyoncu, H., 2002. Aksu Çayı'nın Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Karacor, A.G., Sivri, N. ve Ucan, O.N., 2007. Maximum Stream Temperature Estimation of Degirmendere River Using Artificial Neural Network, Journal of Scientific & Industrial Research, 66,5, 363-366.
- Karrasch, B., Parra, O., Cid, H., Mehrens, M., Pacheco, P., Urrutia, R., Valdovinos, C. ve Zaror, C., 2006. Effects of Pulp and Paper Mill Effluents on the Microplankton and Microbial Self-purification Capabilities of the Biobio River, Chile, Science of the Total Environment, 359,1-3, 194-208.
- Kisi, O., Haktanir, T., Ardicioglu, M., Ozturk, O., Yalcin, E. ve Uludag, S., 2009. Adaptive Neuro-Fuzzy Computing Technique for Suspended Sediment Estimation, Advances in Engineering Software, 40,6, 438-444.
- Kisi, O. ve Guven, A., 2010. A Machine Code-Based Genetic Programming for Suspended Sediment Concentration Estimation, Advances in Engineering Software, 41,7-8, 939-945.

- Kisi, O., 2010. River Suspended Sediment Concentration Modeling Using a Neural Differential Evolution Approach, Journal of Hydrology, 389,1-2, 227-235.
- Kocaman, İ., 1994. Harşit Çayı Havzasında Yağış-Akış Karakteristikleri ile Erozyon ve Sediment Sorunlarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Kurmac, Y., 2003. Aksaray-Uluirmak'ta Su Kalitesi Tespiti ve İyileştirilmesine Yönelik Araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Kurunc, A., Yurekli, K. ve Okman, C., 2006. Effects of Kilickaya Dam on Concentration and Load Values of Water Quality Constituents in Kelkit Stream in Turkey, Journal of Hydrology, 317,1-2, 17-30.
- Küçükballı, A., 2003. Nilüfer Çayı Havzası Su Kalitesinin Belirlenmesi ve Bazı Parametrelerin Qual2e Modeli İle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Lewis, G.P., Mitchell, J.D., Andersen, C.B., Haney, D.C., Liao, M.K. ve Sargent, K.A., 2007. Urban Influences on Stream Chemistry and Biology in the Big Brushy Creek Watershed, South Carolina, Water Air and Soil Pollution, 182,1-4, 303-323.
- Minareci, O., 2007. Gediz Nehrinde Deterjan Kirliliğinin Araştırılması, Doktora Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Minarecioğlu, N., 2008. Doğal Akarsularda Taşınan Katı Madde Miktarının Yapay Zeka Yöntemleri Kullanılarak Tahmin Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Miserendino, M.L., Brand, C. ve Di Prinzio, C.Y., 2008. Assessing Urban Impacts on Water Quality, Benthic Communities and Fish in Streams of the Andes Mountains, Patagonia, Argentina, Water Air and Soil Pollution, 194,1-4, 91-110.
- Moatar, F., Fessant, F. ve Poirel, A., 1999. pH Modelling by Neural Networks. Application of Control and Validation Data Series in the Middle Loire River, Ecological Modeling, 120,2-3, 141-156.
- Nas, S.S., Saka, F. ve Bayram, A., 2005. Harşit Çayında Çözünmüş Oksijen Profiline Mevsimsel Değişimi, 4. Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu, Aralık, Eskişehir, Bildiriler Kitabı: 149-158.
- Mount, N.J. ve Abrahart, R.J., 2011. Load or Concentration, Logged or Unlogged? Addressing Ten Years of Uncertainty in Neural Network Suspended Sediment Prediction, Hydrological Processes, 25,20, 3144-3157.
- Odabaşı, S.S., 2005. Çanakkale Bölgesindeki Sarıçay Akarsuyu'nda Su Kalitesinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.

- Odemis, B. ve Evrendilek F., 2007. Monitoring Water Quality and Quantity of National Watersheds in Turkey, Environmental Monitoring and Assessment, 133,1-3, 215-229.
- Ouyang, W., Hao, F., Song, K. ve Zhang X., 2011. Cascade Dam-Induced Hydrological Disturbance and Environmental Impact in the Upper Stream of the Yellow River, Water Resources Management, 25,3, 913-927.
- OGM, Orman Genel Müdürlüğü, İllere Göre Orman Varlığımız  
[http://www2.ogm.gov.tr/orm\\_varligi/gumushane.html](http://www2.ogm.gov.tr/orm_varligi/gumushane.html) 02 Ocak 2012
- Özey, R., 1990. Gümüşhane ve Çevresindeki Kırsal Yerleşmelerin Başlıca Coğrafi Sorunları ve Çözüm Yolları, Geçmişte ve Günümüzde Gümüşhane, Haziran, Gümüşhane, Bildiriler Kitabı: 307-383.
- Öztemel, E., 2006. Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- Pavanelli, D. ve Pagliarani, A., 2002. Monitoring Water Flow, Turbidity and Suspended Sediment Load, From an Apennine Catchment Basin, Italy, Biosystems Engineering, 83,4, 463-468.
- Pavanelli, D. ve Bigi, A., 2005. A New Indirect Method to Estimate Suspended Sediment Concentration in a River Monitoring Programme, Biosystems Engineering, 92,4, 513-520.
- Pehlivan, M., 2008. Kürtün Baraj Gölünün Sağ Sahilindeki Özkürtün (Gümüşhane) Beldesinin Heyelan Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Peters, N.E., 2009. Effects of Urbanization on Stream Water Quality in the City of Atlanta, Georgia, USA, Hydrological Processes, 23,20, 2860-2878.
- Peterson, J.A., Nahar, N., Harclerode, C.L. ve Stanley, N.C., 2011. Effect of Urbanization on Surface Water Chemistry in South-Central Texas, Urban Ecosystems, 14,2, 195-210.
- Pohl, M., 2004. Channel Bed Mobility Downstream from the Elwha Dams, Washington, Professional Geographer, 56,3, 422-431.
- Rankovic, V., Radulovic, J., Radojevic, I., Ostojic, A. ve Comic, L., 2010. Neural Network Modeling of Dissolved Oxygen in the Gruza Reservoir, Serbia, Ecological Modeling, 221,8, 1239-1244.
- Sengorur, B., Dogan, E., Koklu, R. ve Samandar, A., 2006. Dissolved Oxygen Estimation Using Artificial Neural Network For Water Quality Control, Fresenius Environmental Bulletin, 15,9A, 1064-1067.
- Simons, D.B. ve Senturk, F., 1992. Sediment Transport Technology. Water Resources Publications, Littleton, Colorado.

- Singh, K.P., Basant, A., Malik, A. ve Jain, G., 2009. Artificial Neural Network Modeling of the River Water Quality - A Case Study, Ecological Modeling, 220,6, 888-895.
- Sivri, N., Kılıç, N. ve Ucan O.N., 2007. Estimation of Stream Temperature in Firtina Creek (Rize-Türkiye) Using Artificial Neural Network Model, Journal of Environmental Biology, 28,1, 67-72.
- Stow, C.A., Borsuk, M.E. ve Stanley D.W., 2001. Long-term Changes in Watershed Nutrient Inputs and Riverine Exports in the Neuse River, North Carolina, Water Research, 35,6, 1489-1499.
- Soyupak, S., Karaer, F., Gürbüz, H., Kivrak, E., Sentürk, E. ve Yazici, A., 2003. A Neural Network-Based Approach for Calculating Dissolved Oxygen Profiles in Reservoirs, Neural Computing & Applications, 12,3-4, 166-172.
- Suen, J.P. ve Eheart, J.W., 2003. Evaluation of Neural Networks for Modeling Nitrate Concentrations in Rivers, Journal of Water Resources Planning and Management-ASCE, 129,6, 505-510.
- Şen, Z., 2004. Yapay Sinir Ağları İlkeleri, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Şen, S.Ç., 2007. Büyük Melen Havzasının Su Kalitesinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Taleb, A., Belaidi, N. ve Gagneur, J., 2004. Water Quality before and after Dam Building on a Heavily Polluted River in Semi-arid Algeria, River Research and Applications, 20,8, 943-956.
- Tanriverdi, C., Alp, A., Demirkiran, A.R. ve Uckardes, F., 2010. Assessment of Surface Water Quality of the Ceyhan River Basin, Turkey, Environmental Monitoring and Assessment, 167,1-4, 175-184.
- Resmi Gazete, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Başbakanlık Basımevi 25687.
- Resmi Gazete, 2005. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, Başbakanlık Basımevi 25730.
- Tiessen, K.H.D., Elliott, J.A., Stainton, M., Yarotski, J., Flaten, D.N. ve Lobb, D.A., 2011. The Effectiveness of Small-Scale Headwater Storage Dams and Reservoirs on Stream Water Quality and Quantity in the Canadian Prairies, Journal of Soil and Water Conservation, 66,3, 158-171.
- T.S.E., 2005. Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular, TS-266, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, Haber Bülteni, Belediye Atıksu İstatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=6238> 01 Mayıs 2011a.

- TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, Haber Bülteni, Belediye Su İstatistikleri.  
<http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=6236> 01 Mayıs 2011b.
- TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Veri Tabanı.  
[http://rapor.tuik.gov.tr/reports/rwservlet?adnksdb2&ENVID=adnksdb2Env&report=idari\\_yapi\\_09sonrasi.RDF&p\\_il1=29&p\\_yil=2010&p\\_dil=1&desformat=html](http://rapor.tuik.gov.tr/reports/rwservlet?adnksdb2&ENVID=adnksdb2Env&report=idari_yapi_09sonrasi.RDF&p_il1=29&p_yil=2010&p_dil=1&desformat=html)  
 02 Aralık 2011c.
- TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Veri Tabanı.  
[http://rapor.tuik.gov.tr/reports/rwservlet?adnksdb2&ENVID=adnksdb2Env&report=idari\\_yapi\\_09sonrasi.RDF&p\\_il1=29&p\\_yil=2009&p\\_dil=1&desformat=html](http://rapor.tuik.gov.tr/reports/rwservlet?adnksdb2&ENVID=adnksdb2Env&report=idari_yapi_09sonrasi.RDF&p_il1=29&p_yil=2009&p_dil=1&desformat=html)  
 02 Aralık 2011d.
- TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Veri Tabanı.  
[http://rapor.tuik.gov.tr/reports/rwservlet?adnksdb2&ENVID=adnksdb2Env&report=idari\\_yapi\\_08sonrasi.RDF&p\\_il1=29&p\\_yil=2008&p\\_dil=1&desformat=html](http://rapor.tuik.gov.tr/reports/rwservlet?adnksdb2&ENVID=adnksdb2Env&report=idari_yapi_08sonrasi.RDF&p_il1=29&p_yil=2008&p_dil=1&desformat=html)  
 02 Aralık 2011e.
- TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Veri Tabanı.  
[http://rapor.tuik.gov.tr/reports/rwservlet?adnksdb2&ENVID=adnksdb2Env&report=turkiye\\_ilce\\_koy\\_sehir.RDF&p\\_il1=29&p\\_kod=1&p\\_yil=2007&p\\_dil=1&desformat=html](http://rapor.tuik.gov.tr/reports/rwservlet?adnksdb2&ENVID=adnksdb2Env&report=turkiye_ilce_koy_sehir.RDF&p_il1=29&p_kod=1&p_yil=2007&p_dil=1&desformat=html)  
 02 Aralık 2011f.
- Tüzen, Y., 1995. Gümüşhane İlinin Evsel Atık Sularının Arıtılması İçin Alternatif Çözümler ve Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Ulke, A., Tayfur, G. ve Ozkul, S., 2009. Predicting Suspended Sediment Loads and Missing Data for Gediz River, Turkey, Journal of Hydrologic Engineering, 14,9, 954-965.
- US EPA, 2009 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories, 2009,  
<http://water.epa.gov/action/advisories/drinking/upload/dwstandards2009.pdf>  
 21 Ağustos 2011.
- Usta, A., 2011. Galyan-Atasu Barajı Havzasında Arazi Kullanımının Su ve Toprak Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ünlü, A. ve Tunç, M.S., 2007. Evsel Atıksu Deşarjı Öncesinde ve Sonrasında Kehli Deresi'nin Su Kalitesi Değişiminin İncelenmesi, İTÜ Dergisi/E Su Kirlenmesi Kontrolü, 17,2, 65-75.
- Vaikasas, S. ve Dumbrasukas, A., 2010. Self-purification Process and Retention of Nitrogen in Floodplains of River Nemunas, Hydrology Research, 41,3-4, 338-345.
- Yalçın, H. ve Gürü, M., 2002. Su Teknolojisi, Palme Yayıncılık, Ankara, 504.

- Yorulmaz, B., 2006. Eşen Çayı (Kocaçay) Su Kalitesinin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Açıdan İncelenmesi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Yurtoğlu, H., 2005. Yapay Sinir Ağları Metodolojisi ile Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği, DPT Uzmanlık Tezi, DPT, Ankara.
- Wei, G.L., Yang, Z.F., Cui, B.S., Li, B., Chen, H., Bai, J.H. ve Dong, S.K.,2009. Impact of Dam Construction on Water Quality and Water Self-purification Capacity of the Lancing River, China, Water Resources Management, 23,9, 1763-1780.
- Wiatkowski, M., 2011. Influence of Slup Dam Reservoir on Flow and Quality of Water in the Nysa Szalona River, Polish Journal of Environmental Studies, 20,2, 469-478.
- WHO, 2004. Guidelines for Drinking Water Quality, 3rd Edition, World Health Organization, Geneva, Switzerland.



## ÖZGEÇMİŞ

10.06.1976 yılında Trabzon'da doğan Adem BAYRAM ilk, orta ve lise öğrenimini 1982-1993 yılları arasında Trabzon'da tamamladı. 1999-2000 öğretim yılı bahar döneminde Karadeniz Teknik Üniversitesi Gümüşhane Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. 2000-2001 öğretim yılı güz döneminde Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine, 17.10.2002 tarihinde de aynı enstitüde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Eylül 2004'te yüksek lisansını tamamlayıp İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora öğrenimine başlayan Adem BAYRAM, evli ve bir çocuk babasıdır. Doktora Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen üç adet SCI yayını aşağıda verilmektedir:

1. Bayram, A., Onsoy, H., Akinci, G. ve Bulut, V.N., 2011. Variation of Total Organic Carbon Content Along the Stream Harsit, Eastern Black Sea Basin, Turkey, Environmental Monitoring and Assessment, 182,1-4, 85-95.
2. Bayram, A., Onsoy, H., Komurcu, M.I. ve Bulut, V.N., 2012. Effects of Torul Dam on Water Quality in the Stream Harsit, NE Turkey, Environmental Earth Sciences, 65,3, 713-723.
3. Bayram, A., Kankal, M. ve Onsoy, H., 2011. Estimation of Suspended Sediment Concentration from Turbidity Measurements Using Artificial Neural Networks, Environmental Monitoring and Assessment, DOI: 10.1007/s10661-011-2269-2.