TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TUNCA NEHRİ'NİN BAKTERİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ VE FİZİKOKİMYASAL FAKTÖRLERLE İLİŞKİSİNİN BELİRLENMESİ

Pınar ALTINOLUK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

Danışman: Doç. Dr. Belgin ELİPEK

EDİRNE-2011

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TUNCA NEHRİ'NİN BAKTERİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ VE FİZİKOKİMYASAL FAKTÖRLERLE İLİŞKİSİNİN BELİRLENMESİ

Pınar ALTINOLUK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

Bu tez 23.12.2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından kabul edilmiştir.

Danışman	Üye	Üye
Doç. Dr. Belgin ELİPEK	Prof. Dr. Timur KIRGIZ	Yrd. Doç. Dr. Halide AYDOĞDU

TEŞEKKÜR

Yüksek lisansım boyunca bana danışmanlık ederek, her konuda yol gösteren, bilgi ve tecrübeleri ile beni yönlendirip bana ışık tutan, danışmanım ve değerli hocam Sayın Doç.Dr. Belgin ELİPEK'e (T.Ü. Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü),

Lisans ve yüksek lisans eğitimim süresince bizlere örnek olan, bilgi ve deneyimlerini her zaman bizlerle paylaşan değerli hocam Sayın Prof.Dr. Timur KIRGIZ'a (T.Ü. Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü),

Tezimin yürütülmesi sırasında yakın ilgi ve yardımlarını gördüğüm, değerli fikirlerine başvurduğum ve deneyimlerinden yararlandığım değerli hocam Sayın Yrd.Doç.Dr. Halide AYDOĞDU'ya (T.Ü. Arda MYO),

Araştırmalarım sırasında bana çalışma ortamı ve imkanı sağlayan, kıymetli desteklerini esirgemeyen değerli hocam Sayın Doç.Dr. Mesut KAÇAN'a (T.Ü. Arda MYO Müdürü),

Bazı kimyasal analizler konusunda yakın desteklerini gördüğüm değerli hocam Sayın Doç.Dr. Gülay ŞEREN ve Sayın Laborant Nevin KÜTÜK'e (T.Ü. Fen Fakültesi Kimya Bölümü),

Verilerin istatistiksel analizleri konusunda yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç.Dr. Necdet SÜT'e (T.Ü. Tıp Fakültesi Temel Tıp Bilimleri Bölümü),

Ve ayrıca, desteklerinden dolayı değerli hocam Sayın Doç.Dr. Ece ŞEN'e (T.Ü. Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü),

Birlikte çalışmayı keyifli bir deneyim olarak yaşadığım doktora öğrencisi Menekşe TAŞ'a, yüksek lisans öğrencileri Emrullah ÇETİN ve Mümin ŞENTÜRK'e (T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü),

TÜBAP – 2011/15 No'lu proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı'na ve değerli çalışanlarına,

Yaşamımın her anında olduğu gibi, eğitim hayatımın bu döneminde de maddi ve manevi tüm destekleriyle yanımda olan, annem Hülya ALTINOLUK'a ve babam Ümit ALTINOLUK'a sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Edirne il sınırları içerisinde yer alan Tunca Nehri'nin bakteriyolojik ve fizikokimyasal özellikleri ile bunların birbirleriyle olan ilişkilerini belirlemek amacıyla Ekim 2010-Eylül 2011 tarihleri arasında gerçekleştirilen bu çalışmada, nehirden seçilen toplam 5 istasyonda aylık periyotlarla örneklemeler yapılmıştır.

Tunca Nehri'nin bakteriyolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla alınan su örneklerinde, toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ile toplam koliform ve fekal koliform bakteri sayılarının yanı sıra *Escherichia coli* bakteri sayıları tespit edilmiştir. Nehrin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi kapsamında ise, su sıcaklığının yanı sıra, çözünmüş oksijen, pH, elektrik iletkenliği, tuzluluk, klorür, ışık geçirgenliği, hidrojen sülfür, magnezyum, kalsiyum, toplam sertlik, nitrit azotu, nitrat azotu, sülfat, fosfat, askıda katı madde, biyolojik oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı analizleri yapılmıştır. Ayrıca su ve sedimentteki bazı ağır metal (demir, bakır, çinko, kurşun ve kadmiyum) konsantrasyonları da belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen veriler, kıta içi su kaynakları sınıflarına göre değerlendirilmiş ve buna göre Tunca Nehri bazı parametreler açısından (sıcaklık, pH, klorür, nitrat azotu, sülfat, fosfat, kadmiyum) I. sınıf kalitede bulunurken, bir kısım değerler açısından (çözünmüş oksijen, nitrit azotu, demir, bakır, çinko) II. sınıf kalitede olduğu saptanmıştır. Tunca Nehri'nde saptanan toplam koliform, fekal koliform, biyolojik ve kimyasal oksijen ihtiyacı, kurşun değerleri ise nehir sularının IV. sınıf kaliteye sahip olduğunu göstermektedir. Nehirde ayrıca, toplam mezofilik aerobik bakterilerin yanı sıra, dışkı kökenli olan *E.coli*'ye de rastlanmıştır.

Suyun analiz edilen fiziksel ve kimyasal değerleriyle toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları arasında herhangi bir ilişkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan değerlendirmeler sonucunda, su sıcaklığı, hava sıcaklığı, elektrik iletkenliği, magnezyum, nitrit azotu, nitrat azotu, sülfat, fosfat ve askıda katı madde değerlerinin TMAB sayısı ile doğru orantılı; çözünmüş oksijen, pH, ışık geçirgenliği, hidrojen sülfür, kalsiyum, toplam sertlik ve biyolojik oksijen ihtiyacı değerlerinin TMAB sayısı ile ters orantılı olduğu belirlenmiş ve bulgular istatistiksel analizlerle de desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tunca Nehri, su kalitesi, bakteriyolojik analiz, fizikokimyasal parametreler.

SUMMARY

In this study which was performed between October 2010-September 2011 in 5 different stations of Tunca River, it was made sampling to investigate both bacteriological and physicochemical features of the river and their relationships at monthly intervals.

In order to determine the bacteriological characteristics of the Tunca River, the numbers of total mesophilic aerobic becteria, total coliforms, faecal coliforms and *Escherichia coli* were analyzed in the water samples. Determining the scope of the physical and chemical properties of the river, water temperature, dissolved oxygen, pH, conductivity, salinity, chloride, turbidity, hydrogen sulphide, magnesium, calcium, total hardness, nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, sulphate, phosphate, total dissolved solids, biological oxygen demand and chemical oxygen demand analyses were done. Furthermore, some heavy metal concentrations (iron, cooper, zinc, lead, cadmium) of water and sediment samples has been determined. Considering the data to evaluate the water quality was determined according to the categories of the national continental water sources. As a result of this study, according to this classification, the water quality of the river was found at first level for some features (water temperature, pH, chloride, nitrate nitrogen, sulphate, phosphate and cadmium), was found at second level for some features (dissolved oxygen, nitrite nitrogen, iron, cooper and zinc). But, according to the values belonging total coliforms, faecal coliforms, biological and chemical oxygen demands and lead, the river were found has fourth quality level. Also, it was found total mesophilic aerobic bacteria and *E.coli* which is known from faecal in Tunca River.

The aim of this investigation was to see whether if there is a relationships between physical and chemical parametres and total mesophilic aerobic becteria counts. As a result of this evaluation, it has been seen that water and air temperature, conductivity, magnesium, nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, sulphate, phosphate and total dissolved solids values were directly proportional with TMAB counts; dissolved oxygen, pH, turbidity, hydrogen sulphide, calcium, total hardness and biological oxygen demand values has been seen inversely proportional with TMAB counts. In addition of that, these findings are supported by statistical analysis.

Key Words: Tunca River, water quality, bacteriological analysis, physicochemical parameters.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR……...i
ÖZET……ii
SUMMARY……iii
İÇİNDEKİLER…….....iv
ŞEKİLLER DİZİNİ…….vi
TABLOLAR DİZİNİ……...…ix
1. GİRİŞ……....1
2. ÇALIŞMA YERİNİN TANIMI……..15
3. MATERYAL VE METOT……16
3.1. Örnekleme İstasyonlarının Tanımı……...16
3.2. Arazi Çalışmaları……..22
3.3. Laboratuar Çalışmaları…….23
3.4. İstatistiksel Analizler…….……...28
4. BULGULAR…….…….....29
4.1. Bakteriyolojik Bulgular…….……...29
4.1.1. Toplam mezofilik aerobik bakteri…….……....36
4.1.2. Toplam koliform…….…….....37
4.1.3. Fekal koliform…….……..…38
4.1.4. *Escherichia coli*…….……...….39
4.2. Fiziksel ve Kimyasal Bulgular…….……..…40
4.2.1. Su sıcaklığı ve hava sıcaklığı……..……..48
4.2.2. Çözünmüş oksijen……..…..….49
4.2.3. pH…….…….....50

4.2.4. Elektrik iletkenliği…….…....51
4.2.5. Tuzluluk…….……..…...52
4.2.6. Klorür…….…….……...53
4.2.7. Işık geçirgenliği…….…….54
4.2.8. Hidrojen sülfür…….……..55
4.2.9. Magnezyum…….……..…56
4.2.10. Kalsiyum……...…..57
4.2.11. Toplam sertlik……...…..58
4.2.12. Nitrit azotu……...…....59
4.2.13. Nitrat azotu……...…...60
4.2.14. Sülfat……..….....61
4.2.15. Fosfat……..……..…62
4.2.16. Askıda katı madde……..…..……63
4.2.17. Biyolojik oksijen ihtiyacı……..……..….64
4.2.18. Kimyasal oksijen ihtiyacı……..……..….65
4.3. Ağır Metal Bulguları……..……..….66
4.3.1. Demir……...……..….66
4.3.2. Bakır……..……....66
4.3.3. Çinko……..……...66
4.3.4. Kurşun……..…….67
4.3.5. Kadmiyum……..……...67
4.4. İstatistiksel Bulgular……...…….…….69
5. TARTIŞMA VE SONUÇ……..……..…71
6. KAYNAKLAR…….……..……..110
ÖZGEÇMİŞ…….……..…...116

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Tunca Nehri'nde Farklı Yıllarda Ölçülen En Yüksek Günlük Ortalama Akım Değerleri……...15

Şekil 3.1. Tunca Nehri'nin Türkiye'deki Lokasyonu ve Örnekleme İstasyonları..……17

Şekil 3.1.1. 1. İstasyon (Suakacağı Köyü Girişi) Genel Görünüm…….19

Şekil 3.1.2. 2. İstasyon (Değirmenyeni Köyü Çıkışı) Genel Görünüm……..19

Şekil 3.1.3. 3. İstasyon (Sarayiçi, Eski Edirne Sarayı Önü) Genel Görünüm……20

Şekil 3.1.4. 4. İstasyon (Gazi Mihal Köprüsü Altı) Genel Görünüm…….20

Şekil 3.1.5. 5. İstasyon (Kasım Paşa Camii Önü) Genel Görünüm……21

Şekil 3.3.1. LST Broth Besiyerinde Gaz Oluşumu ve Bulanıklık Görünümü……24

Şekil 3.3.2. EC Broth Besiyerinde Gaz Oluşumu ve Bulanıklık Görünümü……..24

Şekil 3.3.3. TW Broth Besiyerinde İndol Testi……...25

Şekil 3.3.4. *E. coli* 'nin EMB Agarda Metalik Röfle Koloni Morfolojisi……...26

Şekil 4.2.1. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Su ve Hava Sıcaklıkları…..48

Şekil 4.2.2. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Çözünmüş Oksijen Değerleri……..49

Şekil 4.2.3. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre pH Değerleri……..50

Şekil 4.2.4. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Elektrik İletkenliği Değerleri……..51

Şekil 4.2.5. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Tuzluluk Değerleri…..……52

Şekil 4.2.6. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Klorür Değerleri…….53

Şekil 4.2.7. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Işık Geçirgenliği……..…54

Şekil 4.2.8. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Hidrojen Sülfür Değerleri……..55

Şekil 4.2.9. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Magnezyum Değerleri…....56

Şekil 4.2.10. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Kalsiyum Değerleri……..57

Şekil 4.2.11. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Toplam Sertlik Değerleri…….....58

Şekil 4.2.12. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Nitrit Azotu…….....59

Şekil 4.2.13. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Nitrat Azotu……....60

Şekil 4.2.14. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Sülfat Değerleri…….....61

Şekil 4.2.15. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Fosfat Değerleri…….....62

Şekil 4.2.16. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Askıda Katı Madde Miktarı…….....63

Şekil 4.2.17. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Biyolojik Oksijen İhtiyacı Değerleri…….....64

Şekil 4.2.18. Tunca Nehri'nde Mevsimlere ve İstasyonlara Göre Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değerleri……....65

Şekil 5.1. Tunca Nehri'nde Ölçülen TMAB Sayılarının Aylık Ortalama Değerleri…..72

Şekil 5.2. Tunca Nehri'nde Örnek Alma İstasyonlarındaki Fekal Koliform Bakteri Sayıları…….....75

Şekil 5.3. Tunca Nehri'nde Örnek Alma İstasyonlarındaki *E. coli* Bakteri Sayıları…..76

Şekil 5.4. Tunca Nehri'nde Su Sıcaklığı ve Hava Sıcaklığı Değerlerinin Aylık Değişimleri…….78

Şekil 5.5. Tunca Nehri'nde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı ile Su Sıcaklığı Değerlerinin Aylık Değişimi……...…….79

Şekil 5.6. Tunca Nehri'nde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı ile Hava Sıcaklığı Değerlerinin Aylık Değişimi……...…….…80

Şekil 5.7. Tunca Nehri'nde Çözünmüş Oksijen ve Su Sıcaklığı Değerlerinin Aylık Değişimleri……...……..81

Şekil 5.8. Tunca Nehri'nde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı ile Çözünmüş Oksijen Değerlerinin Aylık Değişimi……...…….....82

Şekil 5.9. Tunca Nehri'nde pH ve Su Sıcaklığı Değerlerinin Aylık Değişimleri..…....84

Şekil 5.10. Tunca Nehri'nde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı ile pH Değerlerinin Aylık Değişimi…….…….85

Şekil 5.11. Tunca Nehri'nde Elektrik İletkenliği ve Su Sıcaklığı Değerlerinin Aylık Değişimleri…….……....86

Şekil 5.12. Tunca Nehri'nde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı ile Elektrik İletkenliği Değerlerinin Aylık Değişimi……..……..87

Şekil 5.13. Tunca Nehri'nde Klorür ve Tuzluluk Değerlerinin Aylık Değişimleri……89

Şekil 5.14. Tunca Nehri'nde Klorür ve Elektrik İletkenliği Değerlerinin Aylık Değişimleri…….……89

Şekil 5.15. Tunca Nehri'nde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı ile Işık Geçirgenliği Değerlerinin Aylık Değişimi…….…….…..91

Şekil 5.16. Tunca Nehri'nde Hidrojen Sülfür ve Sülfat Değerlerinin Aylık Değişimleri…….……....92

Şekil 5.17. Tunca Nehri'nde Hidrojen Sülfür Değerlerinin ve Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayılarının Aylık Değişimleri……..…….93

Şekil 5.18. Tunca Nehri'nde Magnezyum ve Kalsiyum Değerlerinin Aylık Değişimleri……..…….94

Şekil 5.19. Tunca Nehri'nde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı ile Nitrit Azotu Değerlerinin Aylık Değişimi……..……...97

Şekil 5.20. Tunca Nehri'nde Ölçülen Nitrit Azotu ve Fosfat Değerleri…..……..101

Şekil 5.21. Tunca Nehri'nde Ölçülen Sülfat ve Nitrat Azotu Değerleri……...101

Şekil 5.22. Tunca Nehri'nde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı ile Biyolojik Oksijen İhtiyacı Değerlerinin Aylık Değişimi…….……..104

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Tunca Nehri'nden Seçilen Örnekleme İstasyonları ve Koordinatları…....16

Tablo 3.3. Bakteriyolojik Analizlerde Kullanılan Besiyerleri ve İnkübasyon Koşulları…….…….26

Tablo 4.1.1. Tunca Nehri 1. Örnekleme İstasyonunda Belirlenen Bakteri Sayılarının Aylara Göre Değişim Değeri…….31

Tablo 4.1.2. Tunca Nehri 2. Örnekleme İstasyonunda Belirlenen Bakteri Sayılarının Aylara Göre Değişim Değerleri…….32

Tablo 4.1.3. Tunca Nehri 3. Örnekleme İstasyonunda Belirlenen Bakteri Sayılarının Aylara Göre Değişim Değerleri…….33

Tablo 4.1.4. Tunca Nehri 4. Örnekleme İstasyonunda Belirlenen Bakteri Sayılarının Aylara Göre Değişim Değerleri…….34

Tablo 4.1.5. Tunca Nehri 5. Örnekleme İstasyonunda Belirlenen Bakteri Sayılarının Aylara Göre Değişim Değerleri…….35

Tablo 4.1.6. Tunca Nehri Su Örneklerine Ait Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayıları……36

Tablo 4.1.7. Tunca Nehri Su Örneklerine Ait Toplam Koliform Bakteri Sayıları…….37

Tablo 4.1.8. Tunca Nehri Su Örneklerine Ait Fekal Koliform Bakteri Sayıları…….38

Tablo 4.1.9. Tunca Nehri Su Örneklerine Ait *E. coli* Bakteri Sayıları……...39

Tablo 4.2.1. Tunca Nehri 1. İstasyonda Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin Ortalama, Standart Sapma, Minimum ve Maksimum Değerleri….41

Tablo 4.2.2. Tunca Nehri 2. İstasyonda Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin Ortalama, Standart Sapma, Minimum ve Maksimum Değerleri….42

Tablo 4.2.3. Tunca Nehri 3. İstasyonda Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin Ortalama, Standart Sapma, Minimum ve Maksimum Değerleri….43

Tablo 4.2.4. Tunca Nehri 4. İstasyonda Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin Ortalama, Standart Sapma, Minimum ve Maksimum Değerleri….44

Tablo 4.2.5. Tunca Nehri 5. İstasyonda Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin Ortalama, Standart Sapma, Minimum ve Maksimum Değerleri….45

Tablo 4.2.6. Tunca Nehri'nde Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin Aylık Ortalama Değerleri……...46

Tablo 4.2.7. Tunca Nehri'nde Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin İstasyonlara Göre Yıllık Ortalama Değerleri……...47

Tablo 4.3.1. Tunca Nehri Su Örneklerinde İncelenen Bazı Ağır Metallere Ait Veriler……...67

Tablo 4.3.2. Tunca Nehri Taban Çamur (Sediment) Örneklerinde İncelenen Bazı Ağır Metallere Ait Veriler……68

1. GİRİŞ

Su, biyosferde sıvı halde en fazla miktarda bulunan maddedir. Ayrıca, canlı hayatının devamını sağlamada temel unsurların en önemlilerinin başında gelir. Suyun doğal ve yenilenebilir olma özelliği de onu daha değerli hale getirmiş ve böylece insanoğlunun toplumlarını su kenarlarında kurma eğilimlerine yol açmıştır. Ancak, insan nüfusunun hızla artması, çarpık kentleşme, modern tarım ve sanayideki gelişmeler gibi etkenler, insanoğlunun doğaya müdahalesini hızlandırarak pek çok çevre sorunlarına neden olmuştur. Bu müdahalelerden su ortamları da doğrudan ya da dolaylı olarak etkilenmiştir. Suyun doğal dengesinin bozulması, başta su kalitesini olumsuz yönde etkileyerek suyun kullanım alanını kısıtlayabileceği gibi, içerdiği canlı organizmalara farklı şekillerde de etki edebilmektedir.

İnsanların yaşamını doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyen suyun varlığının yanında, suyun kalitesi de en az varlığı kadar önem teşkil etmektedir. Su kalitesi, suyun faydalı bir şekilde kullanılmasını etkileyen tüm fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörleri içine alan bir ifadedir. Su kalitesinin ve suyun kalitesini değiştiren çeşitli faktörlerin bilinmesi, suyun kullanım amacına uygunluğunu belirlemektedir. Özellikle, yerleşim alanlarından suya verilen katı atıklar, arıtılmadan sulara verilen kanalizasyonlar, endüstriyel faaliyetler sonucu açığa çıkan ağır metaller, tarımda kullanılan zirai araçlar ve gübreler gibi pek çok etken suyun kalitesini etkileyerek, kullanım alanını sınırlayan su kirliliğine neden olmaktadır (Ünlü ve ark., 2008). Bu kirliliğin tatlı sulara girişi, artan nüfusla birlikte su kaynaklarımızın gün geçtikçe yetersiz kalmasına yol açmış ve bu da suların daha dikkatli kullanımı konusunu oldukça önemli hale getirmiştir. Bu sebeple son zamanlarda su kalitesi araştırmaları daha fazla önem ve hız kazanmıştır. Sularda kirlilik seviyesinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda da, su kalitesinin mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal açıdan birlikte değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Tatlı su kaynakları içerisinde önemli bir yere sahip olan akarsular, çeşitli kaynaklardan gelen kirleticileri bünyelerinde toplamaya oldukça müsait alıcı ortamlardır. Akarsular, açık sistemler oldukları için çevrenin oldukça etkisi altında olup, gerek karasal gerekse atmosferik çevrelerinden gelen etkileri hemen yansıtırlar. Bu durum, akarsuları çevre kirliliğinden en çabuk etkilenen ekosistemlerden biri olarak karşımıza çıkarır. Bundan başka, bir akarsuya noktasal olarak giren bir kirletici unsur akarsuda yalnız bir bölgeyi değil, hem tüm akarsuyu, hem de akarsuyun ulaştığı havza boyunca akarsu çevresini etkilemektedir (Tanyolaç, 2000). Özellikle kanalizasyon atık suları, mezbahane, mandıra ve pek çok gıda sanayiileri de akasuların hem patojenik hem de biyolojik olarak kirlenmesinde önemli rol oynarlar (Toroğlu ve ark., 2006).

Sucul ekosistemlerde mikroorganizmaların kalitatif ve kantitatif açıdan dağılımlarının belirlenmesi, özellikle bu organizmalardan bazılarının ekosistemi olumsuz yönde etkilemeleri ve pek çok salgın hastalığa yol açmaları nedeniyle suyun kullanım alanlarını belirlemeleri açısından büyük önem taşımaktadır (Servais ve ark., 2007). Bu nedenle, son yıllarda pek çok ülkede hem suyun kalitesinin belirlenmesi hem de halk sağlığı açısından suyun değerlendirilmesi nedeniyle iç suların mikrobiyolojik kalitesinin izlenmesine yönelik olarak yapılan çalışmalar önem kazanmıştır (Servais ve ark., 2007; Elmacı ve ark., 2008).

Sularda *E. coli* ve/veya fekal koliform bakterilere rastlanması, suya doğrudan ya da dolaylı olarak dışkı bulaştığının göstergesidir (Sabae ve Rabeh, 2007). Özellikle suda *E. coli*'ye rastlanması fekal kontaminasyonun bir göstergesi olmasının yanı sıra, bu bakterinin bazı tipleri insan ve hayvanlarda menenjit, septisemi, hemolitik üremik sendrom gibi çeşitli immünolojik hastalıklara, ayrıca yara enfeksiyonlarına ve ölümle sonuçlanabilen ishallere de sebep olabilmektedir (Çakır, 2000; Sabae ve Rabeh, 2007).

Suların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi de, suyun kullanım alanlarının tespit edilebilmesi açısından, en az mikrobiyolojik değerlendirmeler kadar önem taşımaktadır. Özellikle akarsularda fiziksel ve kimyasal parametreler, çevresel koşulların etkisine maruz kaldıkları için, çok hızlı değişebilmelerine rağmen, yine de bu parametrelerin periyodik olarak izlenmeleri, suyun bu anlamda değerlendirilmesinde oldukça önemlidir. Bu parametrelerden, sulardaki anorganik kirlenmenin en önemli kaynağını oluşturan ağır metaller, özellikle son yıllarda sucul ekosistem kirlenmesinde en çok izlenen kriterlerden olmuşlardır. Çünkü, ağır metaller konsantrasyon sınırını aştıkları zaman canlılarda toksik etki gösterirler (Atabey, 2010). Metaller sularda serbest iyonlar, organik ve inorganik bileşikleri ve partikül maddelere adsorbe olmuş bir şekilde bulunurlar (Kayar ve Çelik, 2003). Adsorbe olarak çöken ağır metal iyonlarının ve bileşiklerinin, fiziksel ve kimyasal olaylarla tekrar değişik yükseltgenme basamaklarına sahip iyonik formlara dönüşerek, toksik etki yaptıkları ifade edilmektedir (Kayar ve Çelik, 2003). Ağır metallerin bu toksik etkileri, başta canlı türüne ve metal iyonunun yapısına bağlı olmakla birlikte, suyun pH, çözünmüş oksijen, sıcaklık gibi bazı fiziksel ve kimyasal değerlerine ya da bir ağır metalle ortamdaki başka bir madde arasındaki sinerjik etkiye bağlıdır (Kaynak ve Taşdemir, 2003).

Bir ekosistemde madde iletimi canlılar arasında besin zinciri yoluyla sağlanır. Besin zincirinde alt basamaktaki canlılarda biriken metaller, bir üst basamaktaki canlılara geçebilir ve toksik etkilerini ortaya çıkarabilir. Ayrıca, ağır metallerle kontamine olmuş suların sulama suyu olarak kullanılmaları, toprak kirlenmesine de neden olmaktadır. Bu durum, ürün miktarını ve kalitesini önemli ölçüde etkilediği gibi, tarımsal ürünlerde de metal birikimine neden olur. Böyle bir durumda, bu bitkileri besin olarak kullanan hayvanlar ve insanlarda ağır metal birikimi kaçınılmazdır (Kocataş, 2006). Besin zinciri yoluyla insan bünyesine alınan ağır metaller farklı şekillerde etkilere sahiptirler. Bunlar, kimyasal reaksiyonlara etki edenler, fizyolojik ve taşınım sistemlerine etki edenler, kanserojen ve mutajen olarak yapı taşlarına etki edenler, alerjen olarak etki edenler ve spesifik etki edenler şeklinde sınıflandırılabilir (Varol ve ark., 2008).

Yukarıda anlatılan tüm bu fiziksel ve kimyasal parametreler, daha çok suyun o anki durumu hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlarken, bu değişkenlerin biyolojik verilerle birlikte incelenmesi daha doğru sonuçlar elde etmemizi sağlayacaktır. Bu anlamda, suyun kalite değerleri için fiziksel ve kimyasal analizleri yapılırken, mikrobiyolojik açıdan da değerlendirilmesi son derece önemlidir.

Doğada sürekliliklerini koruyan mikroorganizmaların her biri kendilerine özgü işlevlerini yaparak doğadaki dengenin korunmasına hizmet eder. Ekolojik denge içerisinde, tatlı su ekosistemlerinde mikroorganizmaların başlıca fonksiyonları, primer üretimle oluşan organik maddelerin ortama verilmesi, organik maddelerin parçalanması, mineral maddelerin salınması, çözünmüş organik bileşiklerin besin ağı içerisine yeniden kazanımı ve elementlerin biyokimyasal dönüşümleri şeklinde sıralanabilir. Bu nedenle bazı mikroorganizmalar sularda mikrobiyal kirlenmeye neden olup insan, hayvan ve bitkilerde hastalık yaparken, bazıları da doğanın dengesini koruma görevi yapar.

Bir mikrobiyal topluluğun üyeleri ve hücre sayıları, habitatta var olan kaynaklar ve koşullar tarafından belirlenir. Yani tatlı su ekosistemlerinde, mikroorganizmaların dağılımını etkileyen önemli fiziksel ve kimyasal bir takım parametreler vardır. Besin konsantrasyonları, sıcaklık, pH, ışık geçirgenliği, tuzluluk ve oksijen seviyeleri tatlı su habitatlarında belirli mikrobiyal populasyonların varlığını etkileyen önemli parametrelerdir (Elmacı ve ark., 2008).

Sucul ekosistemde önemli miktarda bulunan organik ve inorganik materyallerin hem çeşidi hem de miktarı, mikrobiyal üreme üzerinde etkilidir. Mikroorganizmalar beslenme istekleri bakımından oldukça farklılık gösterirler. Diğer taraftan, hepsinin ortak bir yönü vardır ki, buda hemen hemen tüm mikroorganizmaların enzimatik ve metabolik aktivitelerin devamını sağlamak için suya ve kalsiyum, magnezyum, demir, potasyum, nitrojen ve fosfor gibi bazı temel elementlere ihtiyaç duymalarıdır (Öner, 2004).

Bütün organizmalar gibi, mikroorganizmalar da su olmaksızın yaşayamazlar. Besin maddelerinin ve metabolizma ürünlerinin taşınması için bu maddelerin çözünür formda olması gerekir ki bu çözünme işlemi de su ile sağlanır. Mikroorganizmaların su ihtiyacı, kullanılabilir su veya su aktivitesi 'a_w' terimi ile ifade edilmektedir (Kılınç, 2001). Su aktivitesi düştükçe, mikroorganizmaların gelişmeleri de azalmaktadır (Pichhardt, 2006).

Kalsiyum ve magnezyum elementleri inorganik hücre katyonu, bazı enzimlerin kofaktörü ve endospor bileşiği olması nedeniyle, demir elementi bazı protein ve enzimlerin bileşeni, potasyum elementi ise hücrede temel inorganik katyon ve yine bazı enzimlerin kofaktörü olması sebebiyle mikroorganizmalar için gerekli elementlerdir (Brock ve Madigan, 1991).

Nitrojen ve fosfor, organizmaların protein, enzim ve hücre membran yapılarında, nükleik asitlerdeki pürin ve pirimidin bazlarında ve bakterilerdeki çeşitli moleküllerin yapısında bulunması nedeniyle oldukça önemli elementlerdir (Tortora ve ark., 2007). Mikroorganizmalar nitrojeni çeşitli kaynaklardan temin ederler. Bir kısmı havada gaz halinde bulunan nitrojeni fikse ederek atmosferik azottan yararlanırken, birçoğu ise, amonyum tuzları veya nitrit, nitrat gibi besin tuzlarında yer alan azottan yararlanır (Gökmen, 2007). Fosfor ise Fe^{+3}'e ve Ca^{+2}, Mg^{+2} gibi bivalent katyonlara kolayca bağlandığı için, doğada serbest halde bol bulunmayan bir elementtir (Gökmen, 2007). Evsel atıklar, tarım alanlarında kullanılan gübreler ve pestisitler gibi diğer atıkların akarsulara ulaşmaları sonucunda, sudaki azot ve fosfor konsantrasyonu önemli derecede artmaktadır.

Bütün bakteriler yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmek için enerjiye gereksinim duyarlar. Bu enerjiyi elde etme biçimlerine baktığımızda, bir kısmının CO_2 veya karbonatlardan yararlandıkları (ototrof organizmalar), bir kısmının organik karbon kaynaklarından yararlandıkları (heterotrof organizmalar), bazılarının güneş enerjisinden yararlandıkları (fototrof organizmalar), bazılarının da bu enerjiyi kimyasal bileşiklerin reaksiyonlarından elde ettikleri görülür (kemotrof organizmalar), (Atlas, 1997).

Mikroorganizma üremesinde etkili en önemli faktörlerden biri de sıcaklık olup, mikroorganizmalara iki şekilde etki eder. Bunlardan ilki, sıcaklık arttıkça hücredeki kimyasal ve enzimatik tepkimeler daha hızlı cereyan eder ve buna bağlı olarak üreme de hızlanır. Bununla birlikte belirli bir sıcaklığın üstünde bazı proteinler geri dönüşümsüz olarak denatüre olur ve hücre fonksiyonları hızla sıfıra doğru düşer (Madigan ve ark., 2010).

Farklı mikroorganizmalar, farklı optimal gelişme sıcaklıklarına sahiptirler. Sıcaklık optimumlarına göre mikroorganizmaları temel olarak üç grup altında toplamak mümkündür. Bunlar, düşük optimum sıcaklığa sahip "psikrofiller" (0-15ºC), orta aralıklarda optimum sıcaklığa sahip "mezofiller" (25-40ºC) ve yüksek optimum sıcaklığa sahip "termofiller" (50-60ºC) olarak gruplandırılır (Tortora ve ark., 2007).

Mikroorganizmaların enzimatik faaliyetlerini, dolayısı ile yaşamsal faaliyetlerini normal olarak sürdürebilmeleri için, bulundukları ortamın pH değerinin, kendi isteklerine uygun derecede olması gerekir. En iyi gelişimi, düşük pH değerlerinde gösteren organizmalara "asidofil" denir (Keeton ve ark., 2003). "Nötrofil" olarak adlandırılan grubun optimum pH istekleri ise 6.5-7.5 arasındadır ve sitoplazmik pH değerleri nötral ya da nötrale çok yakındır (Keeton ve ark., 2003). Birkaç ekstremofilin pH optimumu ise oldukça yüksek bir değerdir. Bu organizmalara da "bazofil" denir (Keeton ve ark., 2003).

Fotosentetik bakterilerin fotosentez yapabilmeleri için ışığa gereksinimleri vardır. Işık enerjisi, fototrof aerob mikroorganizmaların pigmentleri tarafından tutulduktan sonra, birçok reaksiyonlar sonucu sentezlenen organik moleküllerin organik bağları üzerinde kimyasal enerji halinde depo edilir (Keeton ve ark., 2003).

Tuz konsantrasyonunun yüksek olduğu doğal habitatlardaki ozmotik etkiler oldukça ilgi çekmektedir (Madigan ve ark., 2010). Denizlerde bulunan mikroorganizma türleri, deniz suyunun su aktivitesinde optimum gelişme gösterirler ve ortamlarında belirli yoğunlukta sodyum ve klorür iyonlarına gereksinim gösterirler. Bu tür

mikroorganizmalara “halofilik mikroorganizma” denir (Öner, 2004). Tatlı su ekosistemlerinde yaşayan mikroorganizmalar ise düşük su aktivitesine sahip çevreleri tolere edemez ve yüksek NaCl konsantrasyonlarında hücreleri inhibe olur (Öner, 2004).

Mikroorganizmalar oksijen gereksinimi veya toleransı açısından oldukça farklılık gösterir. Bakterilerin bir kısmı, solunumları için oksijene gereksinim duyar. Bunlara “aerobik organizmalar” denir. Aerobik organizmaların solunumunda son hidrojen alıcısı, oksijendir (Madigan ve ark., 2010). Diğer taraftan “anaerobik organizmalar” olarak adlandırdığımız organizmalar da vardır ki, bunlarda son hidrojen alıcısı, pirüvik asittir. Bu sebepten, bu organizmaların oksijene gereksinimi yoktur, hatta bu gaz onlara toksik etki yapar (Madigan ve ark., 2010). Oksijenle ilişkisi bakımından “fakültatif anaerob” adı verilen bazı bakteri grubu da vardır ki, bunların ortamlarında oksijenin bulunması veya bulunmaması önemli değildir. Bunlar uygun besin ve kültür ortamlarında oksijenli ya da oksijensiz koşullarda yaşayabilirler (Tortora ve ark., 2007). Oksijenle ilişkisi bakımından dördüncü bir bakteri grubu daha vardır. Bunlar “mikroaerofilik organizmalar” olarak adlandırılırlar. Mikroaerofilik organizmalar düşük oksijen konsantrasyonlarında maksimum büyüme oranları gösterirler. Bunun nedeni ise bu organizmaların kısıtlı solunum kapasitesine sahip olmaları ya da oksijene duyarlı moleküller içermeleridir (Tortora ve ark., 2007).

Sucul ortamlarda su kalitesinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda, ekosistemin hem bakteriyolojik hem de fiziksel ve kimyasal açıdan birlikte değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Dünyada ve ülkemizde konuyla ilgili farklı ekosistemler araştırılmış olup, bunlardan akarsu ortamlarında gerçekleştirilen bazı çalışmalar tarih sırasına göre aşağıda özetlenmiştir. Buna göre,

Niewolak ve Golas (2000), Sawica ve Omulew (Polonya) akarsularında amonyak, nitrit ve nitrat azotları, toplam koliform, fekal koliform ve fekal streptokok bakteri sayıları analizlerini yapmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda, havzada bulunan hayvan çiftliklerinden suya giren kirlilik yükünün, fekal kökenli bakteri sayısını önemli

ölçüde arttırdığını ve nehirlerin mikrobiyal kalitesinin değişiminde büyük rol aldığını bildirmişlerdir.

Öterler (2003), Tunca Nehri'nde (Edirne) planktonik alg biyomasının mevsimsel değişimini incelerken bu değişimi etkileyen fiziksel ve kimyasal parametrelerin yanı sıra nehirdeki fekal koliform bakterilerin varlığını da araştırmıştır. Çalışmada nehir suyundaki fekal koliform bakteri sayısı genel olarak bütün örnekleme noktalarında $>1.6x10^3$ EMS/100mL olarak kaydedilmiştir. Ayrıca, azot, fosfor ve diğer besin tuzlarının nehir suyuna girişinin, genel olarak tarımsal alanlardan ve yerleşim alanlarından kaynaklandığı bildirilmiştir.

Çolakoğlu ve Çakır (2004)'ın çalışmalarında, Sarıçay akarsuyunun (Çanakkale) fiziksel ve kimyasal parametrelerin yanı sıra mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi kapsamında sıcaklık, pH ve tuzluluk analizi gerçekleştirilmiş olup, toplam mezofilik aerobik bakteri ve koliform grup bakteri sayımı yapılmıştır. Ayrıca akarsuyun *Pseudomonas, Enterobacteriaceae, Staphylococcus, Lactobacillus, Enterococcus* ve maya-küf bolluğu araştırılmıştır. Yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda, mikrofloranın normal sınırlar dahilinde olduğu belirlemiştir.

Hunt ve Sarıhan (2004) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Sarıçam Deresi'nin (Adana) hem fiziksel ve kimyasal (çözünmüş oksijen, pH, sıcaklık, elektrik iletkenliği, kimyasal oksijen ihtiyacı, biyolojik oksijen ihtiyacı, amonyak azotu, nitrat azotu, nitrit azotu, sülfat, fosfat) hem de bakteriyolojik (fekal ve toplam koliform bakteri sayısı) yönden kirliliği aylık periyotlarla incelenmiş, sonuç olarak Sarıçam Deresi'nin evsel ve endüstriyel atıklarla yoğun olarak kirletildiği, bu nedenle doğal su özelliğini kaybettiği bildirilmiştir.

Hill ve ark. (2005), Louisiana'da (ABD), bazı nehirlerin fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik kalite seviyelerinin belirlenmesine yönelik bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada Mitchell ve Stapp nehirlerindeki fosfat miktarları, Claiborne ve Bayou Dorcheat nehirlerine göre nispeten düşük bulunmuştur. Elektrik iletkenliği değerleri ve askıda katı madde seviyeleri Claiborne Nehri'nde tüm çalışılan istasyonlarda düşük

bulunurken, sadece bir çiftlik yakınındaki istasyonda yüksek çıkmıştır. Çalışmada, nehirlerde gözlenen besin tuzlarının artışının mikrobiyal çoğalmanın yanı sıra, ötrofikasyon kontrolü açısından da önem taşıdığı belirtilmiştir.

Agbogu ve ark. (2006) tarafından Zaria'da (Nijerya) bulunan yüzey sularının bakteriyolojik (fekal koliform, *E. coli*) özelliklerinin yanı sıra fiziksel ve kimyasal (sıcaklık, pH, elektrik iletkenliği, ışık geçirgenliği, çözünmüş katı madde, klorür, fosfat, amonyak, nitrat azotu, biyolojik oksijen ihtiyacı) kalite parametreleri incelenmiştir. Analize alınan 228 tane numunenin 128 (%56.1)'inin, yakın gelecekte halk sağlığı bakımından ciddi problemlere yol açacağı bildirilmiştir.

Erkan ve Vural (2006), Dicle Nehri'nin Diyarbakır bölgesinden geçen bölümünü, hijyenik kalitesini saptamak amacı ile incelemiş ve toplam mezofilik aerobik bakteri, *Eenterobactericeae*, koliform, *Escherichia coli*, bazı patojenik bakteri ve maya-küf sayısı gibi özelliklerini saptamaya çalışmıştır. Analize alınan örneklerin tamamında koliform bakterilere ve %90 oranında *E. coli*'ye rastlanması sonucu, incelenen tüm suların önemli sayılabilecek düzeyde mikrobiyal kontaminasyona maruz kaldığı belirtilmiştir.

Toroğlu ve ark. (2006), Aksu Çayı'nda (Kahramanmaraş) evsel ve endüstriyel kaynaklı kirlenmenin boyutlarını araştırmıştır. Çalışmada bakteriyolojik (toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı, toplam koliform, fekal koliform bakteri sayıları) analizlerin yanı sıra bazı ağır metal (bakır, demir, çinko, manganez, nikel ve kurşun) analizleri ve su sıcaklığı ile pH kaydı gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen bakteriyolojik bulgular fekal koliform bakteri sayılarına göre insan dışkılarından kaynaklanan kirlenmenin varlığını, ağır metal analizi bulguları ise Aksu Çayı'nda yüksek oranda endüstriyel kirlenmenin mevcut olduğunu göstermektedir.

Küçük (2007), Büyük Menderes Nehri'nin su kalitesini değerlendirmek için fiziksel (debi, sıcaklık), kimyasal (çözünmüş oksijen, amonyak, nitrit, nitrat, alkalinite, toplam sertlik, pH, sülfat, magnezyum, kalsiyum, bor, sodyum) ve bakteriyolojik (toplam koliform) parametreleri incelemiştir. Sonuçta, Büyük Menderes Nehri'nde su

kalitesinin hem fiziksel ve kimyasal, hem de bakteriyolojik açıdan düşük olduğunu bildirmiştir.

Niemi ve Raateland (2007) tarafından Fillandiya'daki nehirlerde gerçekleştirilen bir çalışmada fiziksel ve kimyasal parametrelerin yanı sıra, bakteriyolojik kirlilik seviyesi ve bazı ağır metallerin varlığı araştırılmıştır. Fillandiya'nın güney kısmında kalan nehirlerde toplam fosfor, nitrojen, ışık geçirgenliği, pH yüksek değerlerde bulunmuş olup, kimyasal oksijen ihtiyacı nispeten düşük değerlerde gözlenmiştir. Çalışmada, toplam bakteri sayısı uygun değerler arasında gözlenirken, nehir örneklerinde *E. coli*' ye rastlanması, sularda fekal kirlenmenin bir göstergesi olduğu şeklinde açıklanmıştır.

Rifaat (2007), Mısır'da Nile Nehri'nin Cairo bölgesinde yapmış olduğu çalışmada, heterotrofik bakteri ve fekal koliform bakteri grupları içerisinde yer alan *Alcaligenes, Escherichia, Aeromonas, Pseudomonas, Klebsiella, Enterobacter, Rahnella, Xanthobacter, Streptomyces, Rhodococcus* ve *Arthrobacter*'e rastlamıştır. Nehir suyunda koliform organizmaların varlığının fekal kontaminasyonun bir göstergesi olduğu ve bu durumun halk sağlığını olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir.

Sabae ve Rabeh (2007), Nile Nehri'nde (Mısır) yapmış oldukları çalışmada, nehrin fiziksel ve kimyasal parametrelerin yanı sıra, mikrobiyolojik kalite değerleri açısından kirlilik seviyesini belirlemeye çalışmışlar ve bu amaçla sıcaklık, ışık geçirgenliği, derinlik, pH, toplam bakteri, toplam koliform, fekal koliform, fekal streptokok sayılarıyla bazı patojenik bakterilerin varlığını araştırmışlardır. Toplam bakteri sayısı yaz mevsiminde maksimum değerlere çıkarken, kış mevsiminde bu değerler mimimuma inmiştir. Tür düzeyinde teşhisleri yapılan bazı bakteriler ve bulunma oranları *Escherichia coli* (%16), *Klebsiella pneumoniae* (%14), *Pseudomonas aeruginosa* (%12), *Pseudomonas flourcsence* (%4), *Salmonella colerasuis* (%11), *Shigella sp.* (%9), *Serratia liquefaciens* (%8), *Proteus vulgaris* (%8), *Acinetobacter* (%7), *Brenneria nigrifluens* (%5), *Flavimonas oryzihabitans* (%3) ve *Chryseomonas lutecla* (%3) şeklindedir.

Mishra ve Bhatt (2008) tarafından Mahi Nehri'nde (Hindistan) yapılan bir çalışmada, hem fiziksel ve kimyasal parametreler (pH, TDS, toplam sertlik, Ca^{++}, Mg^{++}, elektrik iletkenliği, çözünmüş oksijen, kimyasal oksijen ihtiyacı) hemde bakteriyolojik analizler (toplam koliform) gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen verilere göre, fekal kirlenmenin World Health Organization (WHO) tarafından belirlenen limit değerlerin üzerinde olduğu ve nehir suyunun, içme suyu olarak kullanılmasının halk sağlığı bakımından ciddi problemlere yol açacağı bildirilmiştir.

Gugliandolo ve ark. (2009) tarafından Alcantara Nehri'nin (İtalya) sıcaklık, çözünmüş oksijen, pH, tuzluluk, nitrat gibi bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerinin belirlenmesinin yanı sıra, *Vibrio* spp., *Aeromonas* spp., *Escherichia coli* sayılarının belirlenmesi gibi bazı bakteriyolojik özellikleri de araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, Alcantara Nehri'nin evsel ve tarımsal kaynaklı kirleticiler ile kirlenme sürecine girdiği belirtilmiştir.

Mishra ve ark. (2009), Ganga Nehri'nin (Hindistan) fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik (sıcaklık, elektrik iletkenliği, klorür, nitrat, çözünmüş oksijen, fosfat, biyolojik oksijen ihtiyacı, pH, toplam bakteri, toplam koliform, fekal streptokok, fekal koliform, *Escherichia coli, Clostridium perfringens*) özelliklerini belirlemeye çalışmıştır. Bakteri yoğunluğu yağışlı mevsimlerde artmış, kış mevsiminde ise sıcaklığın azalmasıyla birlikte azalmıştır. Sonuç olarak ise, Ganga Nehri'nde fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik parametreler World Health Organization (WHO)'a göre limit değerlerin üzerinde tespit edilmiştir.

Saha ve ark. (2009) tarafından, Buriganga Nehri'nde (Bangladeş), nehrin fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik (sıcaklık, pH, nitrit azotu, nitrat azotu, fosfat, biyolojik oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, aerobik heterotrofik bakteri) kirlilik seviyesini belirlemek üzere bir çalışma yapılmıştır. Biyolojik oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı değerleri United States Public Health (USPH)'e göre yüksek değerde bulunmuş, bakteri yükü ise özellikle yağışlı aylarda artış göstermiştir.

Bulut ve ark. (2010), Karanfilliçay Deresi'nde (Denizli-Muğla) hem fiziksel ve kimyasal (sıcaklık, pH, elektrik iletkenliği, çözünmüş oksijen, oksijen doygunluğu, bulanıklık, askıda katı madde, organik madde, sülfat, biyolojik oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, nitrit, nitrat, amonyum, amonyak, ortofosfat, toplam azot, toplam sertlik, debi, toplam fosfor) hem de bakteriyolojik (toplam mezofilik aerobik bakteri, koliform bakteri, *E. coli*) parametreleri incelemiştir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre kıta içi su kaynakları kalite kriterlerinde belirtilen toplam koliform bakteri sayısı esas alınırsa, yaz ve sonbahar aylarında su kalitesinin II. sınıf olduğu belirlenmiştir. Bu aylarda su sıcaklığındaki artış ve debinin düşmesi, toplam koliform bakteri yükünün artması ile sonuçlanmıştır.

Kumar ve ark. (2010) tarafından, Uttarakhand (Hindistan) eyaletinden seçilen toplam 5 nehirde gerçekleştirilen çalışmada, fiziksel (sıcaklık, renk, ışık geçirgenliği), kimyasal (pH, çözünmüş oksijen, biyolojik oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam sertlik, kalsiyum, magnezyum, $CaCO_3$) ve bakteriyolojik (*Staphylococcus* sp., *Bacillus cereus*, *E. coli*, *Pseudomonas* sp.) parametrelere göre su kalitesi değerlendirmeleri, American Public Health Association (APHA) 1998'e göre yapılmış olup, kaydedilen değerlerin izin verilen sınırlar dışında olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, su numunelerinde *E.coli'* ye rastlanması sonucu, nehre fekal kaynaklı girişin olduğu düşünülmektedir.

Mishra ve ark. (2010) tarafından Gujarat (Hindistan)'da gerçekleştirilen bir araştırmada, Sabarmati ve Mahisagar nehirlerinin yanı sıra, bazı yer altı ve içme sularının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyojik (pH, askıda katı madde, biyolojik oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, çözünmüş oksijen, toplam sertlik, elektrik iletkenliği, magnezyum, kalsiyum, florür, klorür, toplam koliform bakteri) özellikleri araştırılmıştır. WHO (1993)'e göre yer altı sularında toplam sertlik yüksek gözlenirken, içme sularında kalsiyum ve magnezyum değerleri yüksek çıkmıştır. Toplam koliform bakteri sayısı, yer altı sularında minimum sayıda gözlenirken, Sabarmati Nehri'nde bu sayı $>1.6x10^3$ EMS/100mL olarak rapor edilmiştir.

Venkatesharaju ve ark. (2010), Cauvery Nehri'nin (Hindistan) fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özelliklerini araştırmışlardır. Bu çalışmada bazı parametreler (sıcaklık, pH, bulanıklık, elektrik iletkenliği, toplam sertlik, kalsiyum, magnezyum, potasyum, florür, klorür, sülfat, fosfat, nitrat, biyolojik oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı) uygun değerlerde gözlenirken, toplam koliform ve fekal koliform bakteri sayılarının, APHA (2005)'e göre belirlenen sınır değerlerin üzerinde olduğu kaydedilmiştir.

Taş ve ark. (2011)'nın, Sazlıdere Deresi'nde (Edirne) gerçekleştirdikleri çalışmada bentoz örneklemesinin yanı sıra, bazı çevresel ve mikrobiyolojik analizleri de (çözünmüş oksijen, biyolojik oksijen ihtiyacı, sülfat, fosfat, nitrit azotu, nitrat azotu, magnezyum, kalsiyum, klorür, klorofil-a, askıda katı madde, toplam bakteri, toplam koliform, *E.coli*) yapılmıştır. Elde edilen verilere göre su kalitesinin fiziksel ve kimyasal açıdan düşük olduğu, mikrobiyolojik sonuçlara bakıldığında ise SKKY (2004)'e göre toplam koliform açısından su kalitesinin II. ve III. sınıf arasında olduğu bildirilmiştir.

Bulgaristan'ın Karadağ bölgesinden doğan Tunca Nehri, 384 km uzunluğunda olup, bunun sadece 40 km'lik kısmı Türkiye sınırları içerisinde yer alır (Genç, 2006; ORSAM, 2011). Tunca Nehri'nin Bulgaristan'da yer alan segmentinde yapılmış limnolojik amaçlı bazı çalışmalara da rastlanmış olmasına rağmen (Uzunov, 1980; Russev ve ark., 1984; Janeva ve Russev, 1985; Uzunov ve Kapustina, 1993; Georgieva ve ark., 2010; Vassilev ve ark., 2010), Türkiye segmentinde yapılan limnolojik çalışmaların daha sınırlı sayıda olduğu gözlenmiştir (Kavaz, 1997; Öterler, 2003; Kırgız ve ark., 2005; Çamur-Elipek ve ark., 2006).

Şimdiye dek, Edirne il sınırları içerisinde yer alan Tunca Nehri'nin bakteriyolojik özellikleri ve çevresel parametrelerle ilişkileri üzerine yapılmış kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Sadece Öterler (2003) tarafından yapılan araştırmada, Tunca Nehri'ne ait bazı bakteriyolojik verilerden kabaca söz edilmiş, ancak çevresel parametrelerle bakteri dağılımları arasındaki ilişkiler değerlendirilmemiştir. Ayrıca, Tunca Nehri'de Uluçam (1997) tarafından yapılan bir çalışmada, nehir suyu bazı ağır

metaller açısından değerlendirilirken, nehir sedimentinin ağır metal içerikleri üzerine herhangi bir araştırma yapılmamıştır.

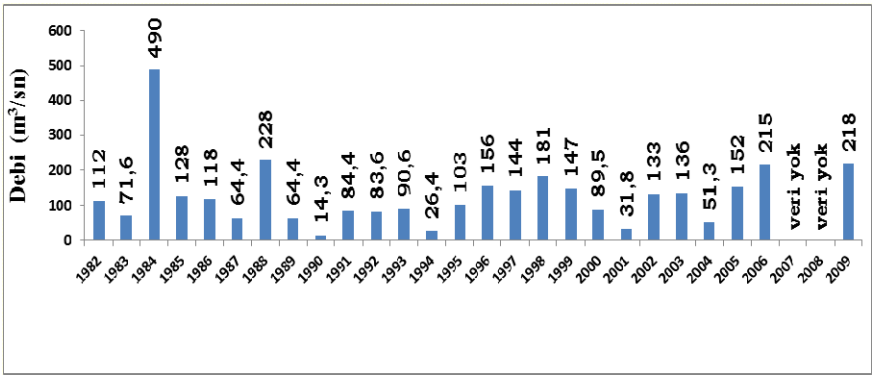
Bu çalışmada, Edirne il sınırlarında bulununan Tunca Nehri'nin bakteriyolojik özellikleri (toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı, toplam koliform ve fekal koliform bakteri sayıları ile, fekal koliform bakterilerin bir grubu olarak tanımlanan *Esherichia coli* sayısı) ile bunların kantitatif ve kalitatif dağılımlarında etkili olabilecek bazı çevresel parametrelerin (hava ve su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, pH, elektrik iletkenliği, tuzluluk, klorür, ışık geçirgenliği, hidrojen sülfür, magnezyum, kalsiyum, toplam sertlik, nitrit azotu, nitrat azotu, sülfat, fosfat, askıda katı madde, biyolojik ve kimyasal oksijen ihtiyaçları) araştırılmasının yanı sıra, nehir suyunun ve taban çamurunun (sedimentinin) bazı ağır metal (demir, bakır, çinko, kurşun, kadmiyum) içerikleri de belirlenmeye çalışılmıştır.

Böylece, Tunca Nehri'nin etrafında yapılan yoğun tarımsal aktivitelerde sulama amaçlı kullanılan nehir sularının hem bakteriyolojik, hem de fiziksel ve kimyasal açıdan kapsamlı olarak değerlendirilmesi ve böylece kıta içi kullanım suyu olarak kullanım sınırlarının belirlenmeye çalışılması hedeflenmiştir. Ayrıca bakteri dağılımlarıyla çevresel parametreler arasındaki ilişkiler de kapsamlı olarak açıklanmaya çalışılmıştır.

2. ÇALIŞMA YERİNİN TANIMI

Bulgaristan'ın Karadağ bölgesinde 1940 m yükseklikten doğan Tunca Nehri, 384 km uzunluğunda olup, 12 km boyunca Türkiye-Bulgaristan sınırını oluşturur. (ORSAM, 2011). Havza alanı 7884 km^2 olan nehir, Bulgaristan sınırları içerisinde Sliven, Yambol, Elhovo gibi yerleşim merkezleri içinden geçerek, Edirne ili Suakacağı Köyü mevkiinden Türkiye sınırlarına girer (Roelevink ve ark., 2010). Bulgaristan sınırları içerisinde, Tunca Nehri üzerinde iki baraj bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla, Koprinka (rezervuar hacmi 140 milyon m^3) ve Zhrebchevo (rezervuar hacmi 400 milyon m^3) barajlarıdır (ORSAM, 2011). Tunca Nehri, Türkiye sınırları içerisinde yaklaşık 40 km yol aldıktan sonra (Genç, 2006), Uluslararası kriterlere göre 'A sınıfı sulak alan' olan Gala Gölü ve 'B sınıfı sulak alan' olan Saros körfezi ile bağlantılı Meriç Nehri'nin önemli bir kolunu oluşturur (*http://www2.cedgm.gov.tr/icd_raporlari/edirneicd2008.pdf*, 2008).

Tunca Nehri'nin, 1982-2009 yılları arası günlük ortalama akım değerleri Şekil 2.1.'de verilmiştir. Nehrin maksimum debisi (1982-2009 yılları arasında) DSİ Suakacağı 104 no'lu akım gözlem istasyonunca, 1984 yılında ve 490 m^3/sn olarak ölçülmüştür (ORSAM, 2011).



Şekil 2.1. Tunca Nehri'nde Farklı Yıllarda Ölçülen Günlük Ortalama Akım Değerleri (ORSAM, 2011)

3. MATERYAL VE METOT

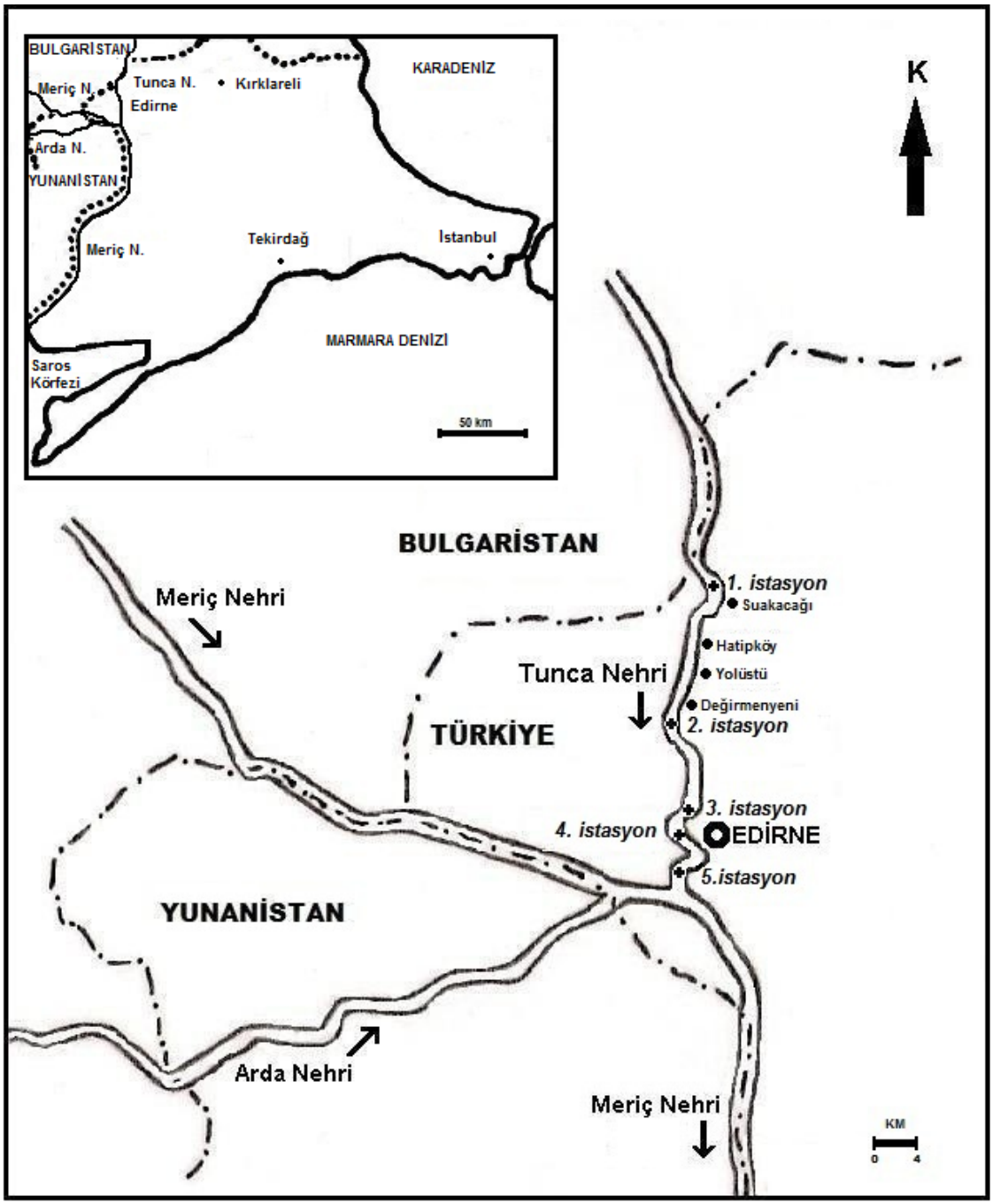
3.1. Örnekleme istasyonlarının Tanımı

Edirne il sınırları içerisinde yer alan Tunca Nehri'nin bakteriyolojik özelliklerinin ve bunların çevresel faktörlerle ilişkisinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada, 1 yılı kapsayacak bir dönemde (Ekim 2010-Eylül 2011 tarihleri arasında), aylık periyotlarla, bakteriyolojik, fiziksel ve kimyasal inceleme amaçlı örneklemeler yapılmıştır.

Çalışmada, Tunca Nehri'nin Türkiye sınırında kalan kısmının limnoekolojik özelliklerini en iyi yansıtacağı düşünülen toplam 5 istasyon seçilmiştir. Örnekleme amaçlı seçilen bu istasyonların koordiatları Garmin/eTrex Vista HC (marka/model) GPS cihazıyla yerinde ölçülmüştür (Tablo 3.1.). Örnekleme istasyonlarının seçiminde evsel ve endüsriyel yerleşimler, nehrin hidrolojik durumu, örnekleme noktalarına ulaşabilirlik gibi etkenler de göz önünde bulundurulmuştur (Şekil 3.1.).

Tablo 3.1. Tunca Nehri'nden Seçilen Örnekleme İstasyonları ve Koordinatları

İSTASYONLAR	**KOORDİNATLAR**	
1. istasyon (Su Akacağı Köyü Girişi)	41° 50' 28.23" N	26° 35' 17.83" E
2. istasyon (Değirmenyeni Köyü Çıkışı)	41° 45' 32.47" N	26° 33' 37.72" E
3. istasyon (Sarayiçi, Eski Edirne Sarayı Önü)	41° 40' 37.20" N	26° 32' 34.69" E
4. istasyon (Gazi Mihal Köprüsü Altı)	41° 41' 25.74" N	26° 33' 18.60" E
5. istasyon (Kasım Paşa Camii Önü)	41° 40' 03.44" N	26° 33' 14.62" E



Şekil 3.1. Tunca Nehri'nin Türkiye'deki Lokasyonu ve Örnekleme İstasyonları

Tunca Nehri'nde seçilen örnekleme istasyonları ve istasyonlara ait bazı özellikler şöyledir:

1. istasyon (Suakacağı Köyü girişi): Bulgaristan'da doğduktan sonra Suakacağı köyü mevkiinden ülkemiz sınırlarına giren Tunca Nehri, köyün içinden geçerek şehir merkezine doğru ilerler. Örnekleme için seçilen ilk istasyon, Tunca Nehri'nin Suakacağı köyüne girmeden önceki bir noktasından seçilmiştir (Şekil 3.1.1.).

2. istasyon (Değirmenyeni Köyü çıkışı): Tunca Nehri, Suakacağı köyünden sonra sırasıyla Hatipköy, Yolüstü ve Değirmenyeni köy yerleşimlerini geçerek çeltik tarlaları arasından devam eder ve Edirne şehir merkezine doğru yol alır. Örneklemenin yapıldığı ikinci istasyon, Tunca Nehri'nin Değirmenyeni köy çıkışındaki çeltik tarlaları arasından geçen bir lokalitesinden seçilmiştir (Şekil 3.1.2).

3. istasyon (Edirne Sarayiçi, Eski Edirne Sarayı önü): Bu istasyon, Tunca Nehri'nin Edirne şehir merkezine girmeden önce, şehir merkezine en yakın lokalitesi olarak seçilmiştir (Şekil 3.1.3.).

4. istasyon (Gazi Mihal Köprüsü altı): Edirne şehir merkezine giren Tunca Nehri, şehrin atıklarını da alarak Meriç Nehri'ne doğru akar. Örnekleme için seçilen 4. istasyon, Tunca Nehri'nin şehir merkezinden geçen bir lokalitesinden seçilmiştir (Şekil 3.1.4.).

5. istasyon (Kasım Paşa Camii önü): Şehir atık sularının yanı sıra, mezbahane ve diğer atölyelerin atıklarını da alan Tunca Nehri, seçilen bu son örnekleme istasyonundan sonra Meriç Nehri ile birleşir (Şekil 3.1.5.).



Şekil 3.1.1. 1. İstasyon (Suakacağı Köyü Girişi) Genel Görünüm



Şekil 3.1.2. 2. İstasyon (Değirmenyeni Köyü Çıkışı) Genel Görünüm



Şekil 3.1.3. 3. İstasyon (Sarayiçi, Eski Edirne Sarayı Önü) Genel Görünüm



Şekil 3.1.4. 4.İstasyon (Gazi Mihal Köprüsü Altı) Genel Görünüm



Şekil 3.1.5. 5.İstasyon (Kasım Paşa Camii Önü) Genel Görünüm

3.2. Arazi Çalışmaları

Tunca Nehri'nden bakteriyolojik analizler için alınan su örnekleri, literatüre uygun olarak, su akıntısına ters yönde ve yüzeyin hemen altından, 100 mL'lik steril kaplara alınmış ve vakit kaybetmeden soğuk zincir sistemiyle laboratuara getirilmiştir (Unat, 1997; Ağaoğlu ve ark., 1999; Rifaat, 2007; Taş ve ark., 2010).

Nehir suyunun bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini tespit etmek amacıyla, su ve hava sıcaklığı basit bir termometre yardımıyla $^{\circ}$C cinsinden, ışık geçirgenliği secchi disk yardımıyla cm değerinden, suların pH değerleri Lovibond Senso Direct pH 200 model arazi tipi pHmetre ile, elektrik iletkenliği ise Lovibond Senso Direct Con 200 model arazi tipi konduktivitimetre ile µS/cm değerinden arazi çalışması sırasında ölçülürken, diğer parametrelerin (çözünmüş oksijen, tuzluluk, klorür, hidrojen sülfür, magnezyum, kalsiyum, toplam sertlik, nitrit azotu, nitrat azotu, sülfat, fosfat, askıda katı madde, biyolojik oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı) ölçümlerinin yapılabilmesi için Ruttner su alma kabıyla alınan su örnekleri, 2 L'lik kahverengi cam şişelere hava ile teması kesilecek şekilde doldurularak laboratuara getirilmiştir.

Bazı ağır metal (demir, bakır, çinko, kurşun, kadmiyum) analizleri için incelenecek su örnekleri, önceden temizlenip etiketlenen 50 mL'lik polipropilen şişelere konulmuştur. Ağır metal miktarları araştırılacak olan sediment örnekleri içinse, çamur alma kabıyla alınan örnekler, polietilen torbalara konulup laboratuara getirilmiştir.

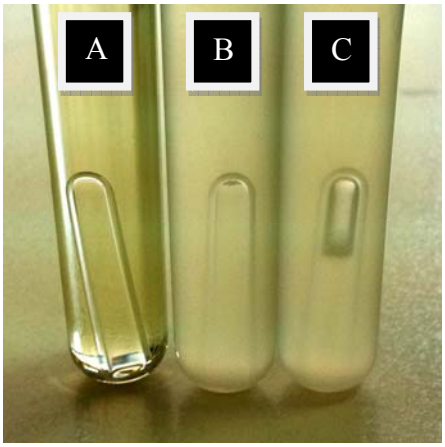
Örneklemeler her ay ve her istasyondan, 1 yıllık periyodu (Ekim 2010-Eylül 2011) tamamlayacak biçimde yapılırken, sadece ağır metal analizleri her istasyon için mevsimsel olarak değerlendirilmiş olup, kimyasal oksijen ihtiyacı tayini ise ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde gerçekleştirilmiştir.

3.3. Laboratuar Çalışmaları

Mikrobiyolojik analiz için öncelikle numunelerden uygun koloni sayısının elde edilmesi amacıyla, aseptik koşullarda serum fizyolojik ile 1/9 oranında seri seyreltimler hazırlanmıştır. Analizler, toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayımı için Plate Count Agar (PCA) besiyerine yayma yöntemiyle ve her seyreltiden iki petri kutusuna paralel ekim şeklinde gerçekleştirilmiştir. Katı besiyeri kullanılarak yapılan sayımın prensibi, her canlı hücrenin belirli bir inkübasyon işlemi sonunda, bir adet koloni oluşturmasıdır (Halkman, 2005). Katı besiyeri kullanılarak uygulanan standart yöntemlerden biri olan yayma yöntemi, petri kutusuna önce agarlı besiyerinin dökülmesi, besiyeri katılaştıktan sonra da su örneğinden ve/veya su örneğinin uygun seyreltilerinden 0,1 mL aktarılıp, 'Drigalski spatülü' olarak adlandırılan cam çubuk ile yayılması şeklinde gerçekleştirilmiştir (Atlas, 1997). Belirli inkübasyon işlemi sonunda bakteri sayısı, kob (koloni oluşturan birim)/100ml cinsinden belirlenmiştir.

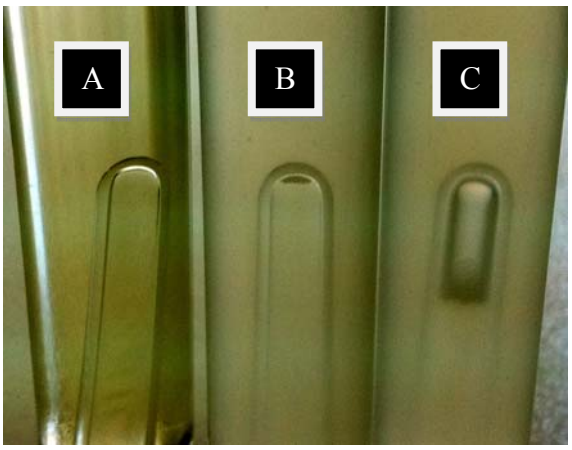
Toplam koliform, fekal koliform ve *E. coli* bakteri sayıları ise En Muhtemel Sayı (EMS) yöntemi ile belirlenmiştir. Yöntemin esası, ardışık üç seyreltiden üçer adet sıvı besiyerine, belirli yöntemlerle gerçekleştirilen ekimler şeklinde olup, belirli bir inkübasyon işlemi sonunda da tüplerin pozitif ya da negatif olarak değerlendirilmesi ile elde edilecek kodun, istatistiksel yöntemlerle elde edilmiş çizelgeden okunmasıdır (Halkman, 2005).

Koliform grup bakteri analizinde, bu grubun laktozdan gaz oluşturma özelliği esas alınmıştır. Buna göre, ardışık üç seyreltiden üçer adet Lauryl Sulfate Tryptose (LST) Broth besiyerine 1'er mL ekim yapılmıştır. İnkübasyondan sonra bakteri gelişimine bağlı olarak, LST Broth tüpleri içerisinde bulunan Durham tüplerinde biriken gaz ve aynı zamanda besiyerindeki bulanıklık, "koliform grup bakteriler" için tipik reaksiyon olarak değerlendirilmiştir (Şekil 3.3.1.).



Şekil 3.3.1. LST Broth Besiyerinde Gaz Oluşumu ve Bulanıklık Görünümü (A: Gaz Negatif, Bulanıklık Negatif; B: Gaz Negatif, Bulanıklık Pozitif; C: Gaz Pozitif, Bulanıklık Pozitif. Buna Göre, C- Koliform Grup Pozitif Olarak Değerlendirilir)

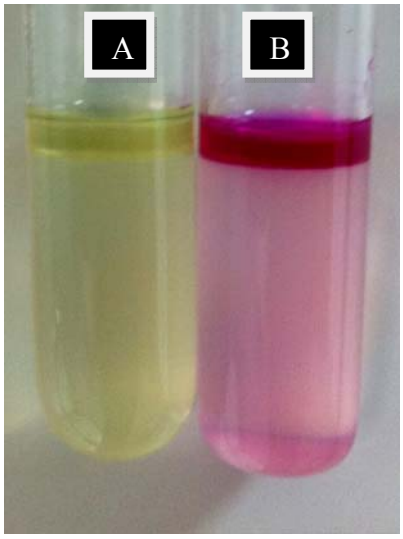
Fekal koliform bakteri analizi, koliform bakteri analizinde olduğu gibi EMS yöntemi ile yapılmış ve koliform grup bakterilerin analizinin devamı şeklinde uygulanmıştır. LST Broth besiyerinde hem bulanıklık hem de gaz oluşumu görülen her tüpten, içinde Durham tüpü olan EC Broth besiyerine 1 öze aşılama yapılmıştır. İnkübasyon sonunda bakteri gelişmesine bağlı olarak besiyerinde bulanıklık ve durham tüplerinde gaz oluşumu görülen tüpler, "fekal koliform grup pozitif" olarak değerlendirilmiştir (Şekil 3.3.2.).



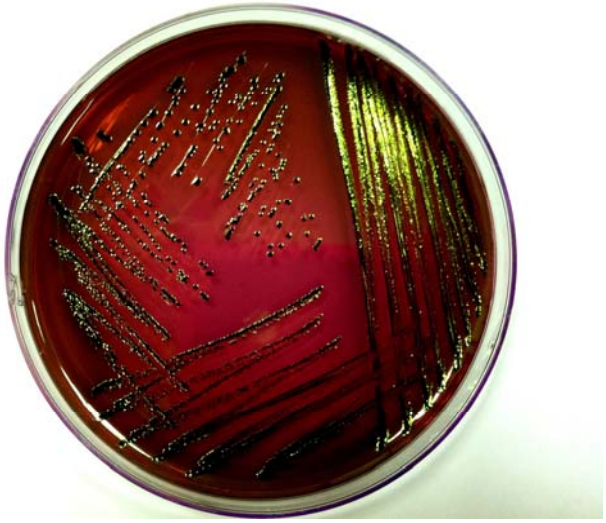
Şekil 3.3.2. EC Broth Besiyerinde Gaz Oluşumu ve Bulanıklık Görünümü (A: Gaz Negatif, Bulanıklık Negatif; B: Gaz Negatif, Bulanıklık Pozitif; C: Gaz Pozitif, Bulanıklık Pozitif. Buna Göre, C- Fekal Koliform Grup Pozitif Olarak Değerlendirilir)

E. coli analizi de standart olarak EMS yöntemi ile yapılmıştır ve fekal koliform grup bakterilerin analizinin devamı şeklinde uygulanmıştır. EC Broth besiyerinde bulanıklık ve gaz oluşumu görülen her tüpten Tryptone Water (TW) besiyerine 1 öze aşılama yapılmış, inkübasyon sonunda da bulanıklık görülen TW Broth tüplerine 1'er mL Kovacs' indol çözeltisi damlatılmıştır. Tüpün üst yüzeyinde vişneçürüğü renkli halka oluşması, indol testinde pozitif sonuçtur (Şekil 3.3.3.). Ayrıca TW Broth besiyerinde bulanıklık görülen tüplerden Eozin-Metilen Blue (EMB) agar besiyerine tek koloni düşürme tekniği ile ekim yapılmıştır (Şekil 3.3.4.). 35-37°C'de aerob şartlarda 18-24 saat inkübasyonun sonucunda EMB agarda *E. coli* için tipik olan merkezi koyu renkte yeşilimsi, parlak metalik renkli kolonilere bazı biyokimyasal (İMVİC: İndol, Metil Red, Voges-Proskauer ve Citrat) testler uygulanmıştır.

Mikrobiyolojik analizlerde kullanılan besiyerleri ve inkübasyon koşulları Tablo 3.3.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3.3. TW Broth Besiyerinde İndol Testi (A: İndol Negatif; B: İndol Pozitif)



Şekil 3.3.4. *E. coli* 'nin EMB Agarda Metalik Röfle Koloni Morfolojisi (Tek Koloni Düşürme Tekniği)

Tablo 3.3. Bakteriyolojik Analizlerde Kullanılan Besiyerleri ve İnkübasyon Koşulları (Halkman, 2005)

MİKROORGANİZMA	***BESİYERİ***	***SICAKLIK***	***SÜRE***
TMAB	Plate Count Agar (Merck 105463.0500)	37ºC	24-48 saat
Toplam Koliform	LST Broth (Merck 110266.0500)	35-37ºC	24 saat
Fekal Koliform	LST Broth (Merck 110266.0500)	35-37ºC	24 saat
	EC Broth (Merck110765.0500)	45 ± 0,5ºC	24 saat
E. coli	LST Broth (Merck 110266.0500)	35-37ºC	24 saat
	EC Broth (Merck 110765.0500)	45 ± 0,5ºC	24 saat
	TW Broth (Merck 110859.0500)	45 ± 0,5ºC	24 saat
	EMB Agar (Merck 101347.0500)	35-37ºC	18-24 saat
	MR-VP Broth (Merck M105712.0500)	37ºC	24-48 saat
	Simmons Citrate Agar (Merck M102501.0500)	37ºC	24-48 saat

Arazide ölçülen parametreler dışında, diğer fiziksel ve kimyasal değerler, su örneklerinin uygun koşullar altında laboratuara taşınması ve gecikmeden analiz edilmesiyle belirlenmiştir. Su örneklerindeki çözünmüş oksijen (Ç.O.) konsantrasyonları Winkler yöntemine göre mg/L cinsinden belirlenmiştir. Biyolojik oksijen ihtiyacı ($BOİ_5$) değerleri, seyreltme metoduna göre 20ºC'de 5 günlük inkübasyon süresince tüketilen oksijen miktarları belirlenerek mg/L cinsinden hesaplanmıştır. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), tüm organik maddenin güçlü oksitleyici maddelerle asit ortamında oksitlenmesine dayanan klasik yöntemle, mg/L cinsinden belirlenmiştir. Nitrit azotu (NO_2-N), nitrat azotu (NO_3-N), fosfat (PO_4^{-3}) ve sülfat (SO_4^{-2}) değerlerinin belirlenmesi için, klasik kimyasal yöntemlerle hazırlanan numunelerin, Cecil CE 5502 marka spektrofotometrede, sırasıyla 520, 420, 690 ve 420 nm dalga boylarında absorbsiyonlarının okunmasıyla, mg/L cinsinden değerleri hesaplanmıştır. Kalsiyum (Ca^{++}) ve magnezyum (Mg^{++}) değerleri EDTA yöntemi ile tespit edilmiş olup, yine mg/L cinsinden hesaplanmıştır. Toplam sertlik değeri ise Fransız Sertlik derecesi (FSº) cinsinden belirlenmiştir (Egemen ve Sunlu, 1999). Askıda katı madde (AKM) analizi standart teknik kullanılarak yapılmış, sonuçlar mg/L cinsinden hesaplanmıştır. Ayrıca, klasik titrimetrik yöntemle sudaki klorür değeri mg/L cinsinden belirlenmeye çalışılırken, suyun tuzluluk değeri Mohr-Knudsen metodu kullanılarak ‰ cinsinden ve hidrojen sülfür (H_2S) değeri ise iyodometrik titrasyon yöntemiyle mg/L cinsinden belirlenmiştir. Ağır metal analizleri için alınan su örneklerinin üzerlerine, ortamdaki mevcut mikroorganizmaların biyolojik aktivitelerini sona erdirmek ve metallerden başka formlara dönüşmelerini önlemek amacıyla 1 mL HCl ilave edilmiştir (Minareci ve ark, 2004). Daha sonra bu numuneden 10 mL alınarak üzerine sırasıyla 5:2 oranında HNO_3:HCl eklenmiştir. Ağır metal miktarları araştırılacak olan sediment örnekleri ise cam petri kaplarda 105ºC'ye ayarlı Elektro-mag marka fırında 24 saat bekletilmiştir. Kurutulduktan sonra, örneklerin her biri porselen havanda toz haline getirilmiş ve ardından 1 gram alınarak üzerine sırasıyla 5:2 oranında HNO_3:HCl eklenmiştir. Hazırlanan numuneler analiz edilinceye kadar -18°C'de saklanmış ve daha sonra Perkin Elmer A-Analyst 800 marka alevli atomik absorbsiyon spektrofotometrede demir (248.3 nm, r^2=0.9999), bakır (324.8 nm, r^2=0.9999), çinko (213.9 nm, r^2=0.9999), kurşun (283.3 nm, r^2=0.9999) ve kadmiyum (228.8 nm, r^2=0.9998) içerikleri açısından analiz edilmişlerdir.

3.4. İstatistiksel Analizler

Araştırmada ölçülen bakteriyolojik, fiziksel ve kimyasal parametrelerin istasyonlara ve aylara göre bir yıl boyunca kaydedilen minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanarak, bunların bir kısmı grafik halinde de gösterilmiştir. Ayrıca fiziksel ve kimyasal parametrelerin toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı üzerindeki etkilerinin istatistiksel açıdan belirlenmesi amacıyla, Spearman Korelasyon indeksinden yararlanılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Bakteriyolojik Bulgular

Edirne il sınırlarında yer alan Tunca Nehri üzerinden seçilen toplam 5 istasyonda aylık periyotlarla 1 yıl boyunca (Ekim 2010-Eylül 2011) yapılan örneklemelerden elde edilen bakteriyolojik analizlere ait veriler, Tablo 4.1.1. – 4.1.5.'te verilmiştir. Söz konusu tablolarda, her bir örnekleme istasyonuna ait verilerin aylık değişim değerleri sunulmuştur. Buna göre,

1. istasyonda TMAB sayısı en fazla $4.5x10^5$ ile Temmuz ayında, en az $3.6x10^4$ ile Aralık ayında gözlenirken; toplam koliform bakteri sayısı en fazla $4.3x10^3$ ile Şubat ayında, en az $<3.0x10^2$ ile Kasım, Mart, Mayıs, Ağustos ve Eylül aylarında gözlenmiştir. Fekal koliform bakterilere ise en çok $2.3x10^3$ ile Ocak ve Temmuz aylarında, en az $<3.0x10^2$ ile Kasım, Mart, Mayıs, Ağustos ve Eylül aylarında rastlanırken; *E. coli* en fazla $2.3x10^3$ ile Ocak ve Temmuz aylarında, en az $<3.0x10^2$ ile Kasım, Mart, Mayıs, Ağustos ve Eylül aylarında kaydedilmiştir.

2. istasyonda TMAB sayısı en fazla $1.0x10^6$ ile Temmuz ayında, en az $5.9x10^4$ ile Mart ayında gözlenirken; toplam koliform bakteri sayısı en fazla $4.6x10^4$ ile Temmuz ayında, en az $9.2x10^2$ ile Eylül ayında gözlenmiştir. Fekal koliform bakterilere ise en çok $9.3x10^3$ ile tüm yaz aylarında, en az $7.4x10^2$ ile Mayıs ayında rastlanırken; *E. coli* en fazla $9.3x10^3$ ile tüm yaz aylarında, en az $7.4x10^2$ ile Mayıs ayında kaydedilmiştir.

3. istasyonda TMAB sayısı en fazla $7.3x10^5$ ile Haziran ayında, en az $4.6x10^4$ ile Mart ayında gözlenirken; toplam koliform bakteri sayısı en fazla $4.6x10^4$ ile Eylül ayında, en az $3.6x10^2$ ile Nisan ayında gözlenmiştir. Fekal koliform bakterilere ise en çok $2.4x10^4$ ile Eylül ayında, en az $3.6x10^2$ ile Aralık ve Nisan aylarında rastlanırken; *E. coli* en fazla $9.3x10^3$ ile Eylül ayında, en az $3.6x10^2$ ile Aralık, Nisan ve Haziran aylarında kaydedilmiştir.

4. istasyonda TMAB sayısı en fazla $6.0x10^5$ ile Temmuz ayında, en az $6.5x10^4$ ile Şubat ayında gözlenirken; toplam koliform bakteri sayısı en fazla $>1.1x10^7$ ile Temmuz ayında, en az $9.2x10^2$ ile Ekim ayında gözlenmiştir. Fekal koliform bakterilere ise en çok $1.1x10^5$ ile Şubat ayında, en az $9.2x10^2$ ile Ekim ayında rastlanırken; *E. coli* en fazla $1.1x10^5$ ile Şubat ayında, en az $9.2x10^2$ ile Ekim ayında kaydedilmiştir.

5. istasyonda TMAB sayısı en fazla $7.7x10^5$ ile Ağustos ayında, en az $7.6x10^4$ ile Şubat ayında gözlenirken; toplam koliform bakteri sayısı en fazla $1.1x10^5$ ile Kasım, Nisan ve Mayıs aylarında, en az $2.3x10^3$ ile Mart ayında gözlenmiştir. Fekal koliform bakterilere ise en çok $1.1x10^5$ ile Kasım, Nisan ve Mayıs aylarında, en az $2.3x10^3$ ile Mart ayında rastlanırken; *E. coli* en fazla $1.1x10^5$ ile Kasım, Nisan ve Mayıs aylarında, en az $2.3x10^3$ ile Mart ayında kaydedilmiştir.

Tablo 4.1.1. Tunca Nehri 1. Örnekleme İstasyonunda Belirlenen Bakteri Sayılarının Aylara Göre Değişim Değerleri

1. İSTASYON				
AYLAR	**TMAB (kob/100mL)**	**Top. koliform (EMS/100mL)**	**Fekal koliform (EMS/100mL)**	***E. coli* (EMS/100mL)**
Ekim	$1.25x10^5$	$2.1x10^3$	$9.2x10^2$	$9.2x10^2$
Kasım	$6.2x10^4$	$<3.0x10^2$	$<3.0x10^2$	$<3.0x10^2$
Aralık	$3.6x10^4$	$9.2x10^2$	$9.2x10^2$	$9.2x10^2$
Ocak	$6.9x10^4$	$2.3x10^3$	$2.3x10^3$	$2.3x10^3$
Şubat	$5.4x10^4$	$4.3x10^3$	$1.5x10^3$	$1.5x10^3$
Mart	$4.8x10^4$	$<3.0x10^2$	$<3.0x10^2$	$<3.0x10^2$
Nisan	$6.7x10^4$	$3.6x10^2$	$3.6x10^2$	$3.6x10^2$
Mayıs	$5.3x10^4$	$<3.0x10^2$	$<3.0x10^2$	$<3.0x10^2$
Haziran	$2.9x10^5$	$7.4x10^2$	$7.4x10^2$	$7.4x10^2$
Temmuz	$4.5x10^5$	$2.3x10^3$	$2.3x10^3$	$2.3x10^3$
Ağustos	$1.7x10^5$	$<3.0x10^2$	$<3.0x10^2$	$<3.0x10^2$
Eylül	$1.6x10^5$	$<3.0x10^2$	$<3.0x10^2$	$<3.0x10^2$

Tablo 4.1.2. Tunca Nehri 2. Örnekleme İstasyonunda Belirlenen Bakteri Sayılarının Aylara Göre Değişim Değerleri

2. İSTASYON				
AYLAR	**TMAB (kob/100mL)**	**Top. koliform (EMS/100mL)**	**Fekal koliform (EMS/100mL)**	***E. coli* (EMS/100mL)**
Ekim	$1.68x10^5$	$2.3x10^3$	$2.3x10^3$	$2.3x10^3$
Kasım	$1.24x10^5$	$2.3x10^3$	$2.3x10^3$	$2.3x10^3$
Aralık	$9.1x10^4$	$4.3x10^3$	$4.3x10^3$	$4.3x10^3$
Ocak	$8.6x10^4$	$7.5x10^3$	$4.3x10^3$	$4.3x10^3$
Şubat	$6.6x10^4$	$4.3x10^3$	$4.3x10^3$	$4.3x10^3$
Mart	$5.9x10^4$	$9.3x10^3$	$2.1x10^3$	$2.1x10^3$
Nisan	$6.4x10^4$	$2.3x10^3$	$2.3x10^3$	$2.3x10^3$
Mayıs	$1.48x10^5$	$7.4x10^2$	$7.4x10^2$	$7.4x10^2$
Haziran	$5.5x10^5$	$9.3x10^3$	$9.3x10^3$	$9.3x10^3$
Temmuz	$1.0x10^6$	$4.6x10^4$	$9.3x10^3$	$9.3x10^3$
Ağustos	$2.0x10^5$	$9.3x10^3$	$9.3x10^3$	$9.3x10^3$
Eylül	$3.4x10^5$	$9.2x10^2$	$9.2x10^2$	$9.2x10^2$

Tablo 4.1.3. Tunca Nehri 3. Örnekleme İstasyonunda Belirlenen Bakteri Sayılarının Aylara Göre Değişim Değerleri

3. İSTASYON				
AYLAR	**TMAB (kob/100mL)**	**Top. koliform (EMS/100mL)**	**Fekal koliform (EMS/100mL)**	***E. coli* (EMS/100mL)**
Ekim	$1.97x10^5$	$1.5x10^3$	$1.5x10^3$	$7.4x10^2$
Kasım	$2.1x10^5$	$1.5x10^3$	$9.2x10^2$	$9.2x10^2$
Aralık	$7.6x10^4$	$9.2x10^2$	$3.6x10^2$	$3.6x10^2$
Ocak	$8.2x10^4$	$4.3x10^3$	$4.3x10^3$	$4.3x10^3$
Şubat	$4.8x10^4$	$2.8x10^3$	$2.1x10^3$	$2.1x10^3$
Mart	$4.6x10^4$	$9.2x10^2$	$9.2x10^2$	$9.2x10^2$
Nisan	$9.6x10^4$	$3.6x10^2$	$3.6x10^2$	$3.6x10^2$
Mayıs	$1.65x10^5$	$9.2x10^2$	$9.2x10^2$	$9.2x10^2$
Haziran	$7.3x10^5$	$7.4x10^2$	$3.6x10^2$	$3.6x10^2$
Temmuz	$4.0x10^5$	$2.8x10^3$	$2.0x10^3$	$2.0x10^3$
Ağustos	$3.1x10^5$	$1.5x10^3$	$9.2x10^2$	$9.2x10^2$
Eylül	$3.8x10^5$	$4.6x10^4$	$2.4x10^4$	$9.3x10^3$

Tablo 4.1.4. Tunca Nehri 4. Örnekleme İstasyonunda Belirlenen Bakteri Sayılarının Aylara Göre Değişim Değerleri

4. İSTASYON				
AYLAR	**TMAB (kob/100mL)**	**Top. koliform (EMS/100mL)**	**Fekal koliform (EMS/100mL)**	***E. coli* (EMS/100mL)**
Ekim	$1.91x10^5$	$9.2x10^2$	$9.2x10^2$	$9.2x10^2$
Kasım	$3.04x10^5$	$1.5x10^4$	$1.5x10^4$	$1.5x10^4$
Aralık	$1.02x10^5$	$9.3x10^3$	$9.3x10^3$	$9.3x10^3$
Ocak	$6.7x10^4$	$1.1x10^5$	$4.6x10^4$	$4.6x10^4$
Şubat	$6.5x10^4$	$1.1x10^5$	$1.1x10^5$	$1.1x10^5$
Mart	$8.7x10^4$	$4.6x10^4$	$1.5x10^4$	$1.5x10^4$
Nisan	$3.44x10^5$	$9.3x10^3$	$9.3x10^3$	$9.3x10^3$
Mayıs	$2.34x10^5$	$9.3x10^3$	$9.3x10^3$	$2.1x10^3$
Haziran	$5.2x10^5$	$4.6x10^4$	$4.6x10^4$	$4.6x10^4$
Temmuz	$6.0x10^5$	$>1.1x10^7$	$1.5x10^4$	$1.5x10^4$
Ağustos	$4.8x10^5$	$1.5x10^4$	$1.5x10^4$	$7.5x10^3$
Eylül	$5.2x10^5$	$2.4x10^4$	$2.4x10^4$	$2.4x10^4$

Tablo 4.1.5. Tunca Nehri 5. Örnekleme İstasyonunda Belirlenen Bakteri Sayılarının Aylara Göre Değişim Değerleri

5. İSTASYON				
AYLAR	**TMAB (kob/100mL)**	**Top. koliform (EMS/100mL)**	**Fekal koliform (EMS/100mL)**	***E. coli* (EMS/100mL)**
Ekim	$1.63x10^5$	$9.3x10^3$	$9.3x10^3$	$9.3x10^3$
Kasım	$2.95x10^5$	$1.1x10^5$	$1.1x10^5$	$1.1x10^5$
Aralık	$1.66x10^5$	$2.4x10^4$	$2.4x10^4$	$2.4x10^4$
Ocak	$8.1x10^4$	$2.1x10^4$	$2.1x10^4$	$2.1x10^4$
Şubat	$7.6x10^4$	$7.5x10^3$	$7.5x10^3$	$7.5x10^3$
Mart	$1.07x10^5$	$2.3x10^3$	$2.3x10^3$	$2.3x10^3$
Nisan	$2.01x10^5$	$1.1x10^5$	$1.1x10^5$	$1.1x10^5$
Mayıs	$1.5x10^5$	$1.1x10^5$	$1.1x10^5$	$1.1x10^5$
Haziran	$4.8x10^5$	$2.4x10^4$	$2.4x10^4$	$2.4x10^4$
Temmuz	$5.9x10^5$	$4.6x10^4$	$1.5x10^4$	$1.5x10^4$
Ağustos	$7.7x10^5$	$1.5x10^4$	$9.3x10^3$	$4.3x10^3$
Eylül	$4.2x10^5$	$7.5x10^3$	$7.5x10^3$	$7.5x10^3$

4.1.1. Toplam mezofilik aerobik bakteri

Tunca Nehri'nde yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda, en yüksek toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı $1.0x10^6$ kob/100 mL ile 2. istasyonda (Temmuz ayında), en düşük toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ise $3.6x10^4$ kob/100 mL ile 1. istasyonda (Aralık ayında) kaydedilmiştir (Tablo 4.1.6.).

Tablo 4.1.6. Tunca Nehri Su Örneklerine Ait Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayıları

Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (kob/100mL)					
AYLAR	**1.İSTASYON**	**2.İSTASYON**	**3.İSTASYON**	**4.İSTASYON**	**5.İSTASYON**
Ekim	$1.25x10^5$	$1.68x10^5$	$1.97x10^5$	$1.91x10^5$	$1.63x10^5$
Kasım	$6.2x10^4$	$1.24x10^5$	$2.1x10^5$	$3.04x10^5$	$2.95x10^5$
Aralık	**$3.6x10^4$**	$9.1x10^4$	$7.6x10^4$	$1.02x10^5$	$1.66x10^5$
Ocak	$6.9x10^4$	$8.6x10^4$	$8.2x10^4$	$6.7x10^4$	$8.1x10^4$
Şubat	$5.4x10^4$	$6.6x10^4$	$4.8x10^4$	$6.5x10^4$	$7.6x10^4$
Mart	$4.8x10^4$	$5.9x10^4$	$4.6x10^4$	$8.7x10^4$	$1.07x10^5$
Nisan	$6.7x10^4$	$6.4x10^4$	$9.6x10^4$	$3.44x10^5$	$2.01x10^5$
Mayıs	$5.3x10^4$	$1.48x10^5$	$1.65x10^5$	$2.34x10^5$	$1.5x10^5$
Haziran	$2.9x10^5$	$5.5x10^5$	$7.3x10^5$	$5.2x10^5$	$4.8x10^5$
Temmuz	$4.5x10^5$	**$1.0x10^6$**	$4.0x10^5$	$6.0x10^5$	$5.9x10^5$
Ağustos	$1.7x10^5$	$2.0x10^5$	$3.1x10^5$	$4.8x10^5$	$7.7x10^5$
Eylül	$1.6x10^5$	$3.4x10^5$	$3.8x10^5$	$5.2x10^5$	$4.2x10^5$

4.1.2. Toplam koliform

Tunca Nehri'nde yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda en yüksek toplam koliform bakteri sayısı $>1.1x10^7$ EMS/100 mL ile 4. istasyonda (Temmuz ayında), en düşük toplam koliform bakteri sayısı ise $<3.0x10^2$ EMS/100 mL ile 1. istasyonda (Kasım, Mart, Mayıs, Ağustos ve Eylül aylarında) kaydedilmiştir (Tablo 4.1.7.).

Tablo 4.1.7. Tunca Nehri Su Örneklerine Ait Toplam Koliform Bakteri Sayıları

Toplam Koliform (EMS/100mL)					
AYLAR	**1.İSTASYON**	**2.İSTASYON**	**3.İSTASYON**	**4.İSTASYON**	**5.İSTASYON**
Ekim	$2.1x10^3$	$2.3x10^3$	$1.5x10^3$	$9.2x10^2$	$9.3x10^3$
Kasım	**$<3.0x10^2$**	$2.3x10^3$	$1.5x10^3$	$1.5x10^4$	$1.1x10^5$
Aralık	$9.2x10^2$	$4.3x10^3$	$9.2x10^2$	$9.3x10^3$	$2.4x10^4$
Ocak	$2.3x10^3$	$7.5x10^3$	$4.3x10^3$	$1.1x10^5$	$2.1x10^4$
Şubat	$4.3x10^3$	$4.3x10^3$	$2.8x10^3$	$1.1x10^5$	$7.5x10^3$
Mart	**$<3.0x10^2$**	$9.3x10^3$	$9.2x10^2$	$4.6x10^4$	$2.3x10^3$
Nisan	$3.6x10^2$	$2.3x10^3$	$3.6x10^2$	$9.3x10^3$	$1.1x10^5$
Mayıs	**$<3.0x10^2$**	$7.4x10^2$	$9.2x10^2$	$9.3x10^3$	$1.1x10^5$
Haziran	$7.4x10^2$	$9.3x10^3$	$7.4x10^2$	$4.6x10^4$	$2.4x10^4$
Temmuz	$2.3x10^3$	$4.6x10^4$	$2.8x10^3$	**$>1.1x10^7$**	$4.6x10^4$
Ağustos	**$<3.0x10^2$**	$9.3x10^3$	$1.5x10^3$	$1.5x10^4$	$1.5x10^4$
Eylül	**$<3.0x10^2$**	$9.2x10^2$	$4.6x10^4$	$2.4x10^4$	$7.5x10^3$

4.1.3. Fekal koliform

Tunca Nehri'nde yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda en yüksek fekal koliform bakteri sayısı $1.1x10^5$ EMS/100 mL ile 4. istasyonda (Şubat ayında) ve 5. istasyonda (Kasım, Nisan, Mayıs aylarında) kaydedilirken, en düşük fekal koliform bakteri sayısı ise $<3.0x10^2$ EMS/100 mL ile 1. istasyonda (Kasım, Mart, Mayıs, Ağustos ve Eylül aylarında) kaydedilmiştir (Tablo 4.1.8.).

Tablo 4.1.8. Tunca Nehri Su Örneklerine Ait Fekal Koliform Bakteri Sayıları

Fekal Koliform (EMS/100mL)					
AYLAR	**1.İSTASYON**	**2.İSTASYON**	**3.İSTASYON**	**4.İSTASYON**	**5.İSTASYON**
Ekim	$9.2x10^2$	$2.3x10^3$	$1.5x10^3$	$9.2x10^2$	$9.3x10^3$
Kasım	**$<3.0x10^2$**	$2.3x10^3$	$9.2x10^2$	$1.5x10^4$	**$1.1x10^5$**
Aralık	$9.2x10^2$	$4.3x10^3$	$3.6x10^2$	$9.3x10^3$	$2.4x10^4$
Ocak	$2.3x10^3$	$4.3x10^3$	$4.3x10^3$	$4.6x10^4$	$2.1x10^4$
Şubat	$1.5x10^3$	$4.3x10^3$	$2.1x10^3$	**$1.1x10^5$**	$7.5x10^3$
Mart	**$<3.0x10^2$**	$2.1x10^3$	$9.2x10^2$	$1.5x10^4$	$2.3x10^3$
Nisan	$3.6x10^2$	$2.3x10^3$	$3.6x10^2$	$9.3x10^3$	**$1.1x10^5$**
Mayıs	**$<3.0x10^2$**	$7.4x10^2$	$9.2x10^2$	$9.3x10^3$	**$1.1x10^5$**
Haziran	$7.4x10^2$	$9.3x10^3$	$3.6x10^2$	$4.6x10^4$	$2.4x10^4$
Temmuz	$2.3x10^3$	$9.3x10^3$	$2.0x10^3$	$1.5x10^4$	$1.5x10^4$
Ağustos	**$<3.0x10^2$**	$9.3x10^3$	$9.2x10^2$	$1.5x10^4$	$9.3x10^3$
Eylül	**$<3.0x10^2$**	$9.2x10^2$	$2.4x10^4$	$2.4x10^4$	$7.5x10^3$

4.1.4. *Escherichia coli*

Tunca Nehri'nde yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda en yüksek *E. coli* sayısı $1.1x10^5$ EMS/100 mL ile 4. istasyonda (Şubat ayında) ve 5. istasyonda (Kasım, Nisan, Mayıs aylarında) kaydedilirken, en düşük *Escherichia coli* sayısı ise $<3.0x10^2$ EMS/100 mL ile 1. istasyonda (Kasım, Mart, Mayıs, Ağustos ve Eylül aylarında) kaydedilmiştir (Tablo 4.1.9.).

Tablo 4.1.9. Tunca Nehri Su Örneklerine Ait *E. coli* Bakteri Sayıları

***E. coli* (EMS/100mL)**					
AYLAR	**1.İSTASYON**	**2.İSTASYON**	**3.İSTASYON**	**4.İSTASYON**	**5.İSTASYON**
Ekim	$9.2x10^2$	$2.3x10^3$	$7.4x10^2$	$9.2x10^2$	$9.3x10^3$
Kasım	**$<3.0x10^2$**	$2.3x10^3$	$9.2x10^2$	$1.5x10^4$	**$1.1x10^5$**
Aralık	$9.2x10^2$	$4.3x10^3$	$3.6x10^2$	$9.3x10^3$	$2.4x10^4$
Ocak	$2.3x10^3$	$4.3x10^3$	$4.3x10^3$	$4.6x10^4$	$2.1x10^4$
Şubat	$1.5x10^3$	$4.3x10^3$	$2.1x10^3$	**$1.1x10^5$**	$7.5x10^3$
Mart	**$<3.0x10^2$**	$2.1x10^3$	$9.2x10^2$	$1.5x10^4$	$2.3x10^3$
Nisan	$3.6x10^2$	$2.3x10^3$	$3.6x10^2$	$9.3x10^3$	**$1.1x10^5$**
Mayıs	**$<3.0x10^2$**	$7.4x10^2$	$9.2x10^2$	$2.1x10^3$	**$1.1x10^5$**
Haziran	$7.4x10^2$	$9.3x10^3$	$3.6x10^2$	$4.6x10^4$	$2.4x10^4$
Temmuz	$2.3x10^3$	$9.3x10^3$	$2.0x10^3$	$1.5x10^4$	$1.5x10^4$
Ağustos	**$<3.0x10^2$**	$9.3x10^3$	$9.2x10^2$	$7.5x10^3$	$4.3x10^3$
Eylül	**$<3.0x10^2$**	$9.2x10^2$	$9.3x10^3$	$2.4x10^4$	$7.5x10^3$

4.2. Fiziksel ve Kimyasal Bulgular

Tunca Nehri üzerinden seçilen toplam 5 istasyonda aylık periyotlarla 1 yıl boyunca (Ekim 2010-Eylül 2011) yapılan örneklemelerden elde edilen fiziksel ve kimyasal parametrelere ait veriler, Tablo 4.2.1.-4.2.5.'te verilmiştir. Söz konusu tablolarda, her bir örnekleme istasyonuna ait verilerin aylık ölçümlerinin yanı sıra, bu değerlere ait minimum, maksimum ve ortalama değerler ile standart sapma değerleri de sunulmuştur.

Buna göre, örnekleme periyodu boyunca su sıcaklığı minimum 2ºC, maksimum 27ºC olarak kaydedilirken, hava sıcaklığı minimum ¯1ºC, maksimum 29ºC olarak belirlenmiştir (Tablo 4.2.1.-4.2.5.). Tunca Nehri'nde ölçülen en düşük pH değeri 7.77 olurken, en yüksek 9.98 olarak; elektrik iletkenliği minimum 408 µS/cm, maksimum 803 µS/cm; çözünmüş oksijen miktarı minimum 2.66 mg/L, maksimum 8.75 mg/L, ışık geçirgenliği minimum 25 cm, maksimum 82 cm, tuzluluk değerleri en düşük ‰0.041, en yüksek ‰0.134; klorür değeri minimum 25.99 mg/L, maksimum 63.98 mg/L; hidrojen sülfür değerleri 0.000 mg/L'dan maksimum 2.556 mg/L'ye kadar; askıda katı madde değeri minimum 60 mg/L, maksimum 850 mg/L; kalsiyum değerleri en düşük 36.07 mg/L, en yüksek 76.95 mg/L; magnezyum değerleri en düşük 0.48, en yüksek 42.13 mg/L; toplam sertlik minimum 2.8 FSº, maksimum 29.8 FSº; nitrit azotu 0.000 mg/L'den en yüksek 0.154 mg/L; nitrat azotu değerleri 0.000 mg/L'den, en yüksek 18.262 mg/L'ye kadar; fosfat değerleri minimum 0.020 mg/L, maksimum 0.146 mg/L; sülfat değerleri 0.000 mg/L'den en yüksek 3.438 mg/L'ye kadar; biyolojik oksijen ihtiyacı değeri ise en düşük 12.19 mg/L, en yüksek 65.81 mg/L arasında değiştiği kaydedilmiştir (Tablo 4.2.1.-4.2.5.).

Ayrıca, Tunca Nehri'nde ölçülen fiziksel ve kimyasal özelliklerin, aylık ve istasyonlara göre yıllık ortalama değerleri de hesaplanarak, Tablo 4.2.6 ve 4.2.7'de verilmiştir.

Tablo 4.2.1. Tunca Nehri 1. İstasyonda Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin Ortalama, Sandart Sapma, Minimum ve Maksimum Değerleri (SS: Su Sıcaklığı, HS: Hava Sıcaklığı, Eİ: Elektrik İletkenliği, ÇO: Çözünmüş Oksijen, IG: Işık Geçirgenliği, Tuz: Tuzluluk, Cl^-: Klorür, H_2S: Hidrojen Sülfür, AKM: Askıda Katı Madde, Ca^{++}: Kalsiyum, Mg^{++}: Magnezyum, TS: Toplam Sertlik, NO_2-N: Nitrit Azotu, NO_3-N: Nitrat Azotu, PO_4^{-3}: Fosfat, SO_4^{-2}: Sülfat, $BOİ_5$: Biyolojik Oksijen İhtiyacı, Ort: Ortalama Değeri, STD: Standart Sapma Değeri, Min: Minimum Değeri, Mak: Maksimum Değeri)

1. İSTASYON																		
Ay	**SS °C**	**HS °C**	**pH**	**Eİ µS**	**ÇO mg/L**	**IG cm**	**Tuz ‰**	**Cl^- mg/L**	**H_2S mg/L**	**AKM mg/L**	**Ca^{++} mg/L**	**Mg^{++} mg/L**	**TS FS°**	**NO_2-N mg/L**	**NO_3-N mg/L**	**PO_4^{-3} mg/L**	**SO_4^{-2} mg/L**	**$BOİ_5$ mg/L**
Eki	11	19	9.98	415	4.37	53	0.041	29.99	2.556	430	52.90	22.27	4.0	0.010	3.769	0.021	1.939	15.86
Kas	14	20	9.06	606	3.99	55	0.075	35.98	0.426	490	69.73	19.37	9.4	0.130	2.884	0.071	1.772	15.06
Ara	8	9	9.51	514	5.14	60	0.100	34.98	0.000	110	76.95	5.81	21.6	0.071	8.747	0.052	2.694	20.77
Oca	2	-1	9.50	451	7.23	68	0.083	32.98	0.000	500	61.72	11.13	20.0	0.020	3.548	0.047	2.618	25.50
Şub	2	-1	9.52	451	7.23	67	0.092	47.98	0.000	280	65.73	15.98	23.0	0.002	0.000	0.035	2.929	27.95
Mar	12	9	8.85	613	2.85	66	0.100	48.98	0.213	360	52.90	19.37	21.2	0.017	9.411	0.056	3.028	18.15
Nis	12	13	8.71	591	2.66	63	0.075	46.98	0.000	300	60.92	4.69	16.6	0.014	10.407	0.022	2.557	18.43
May	21	17	8.67	785	7.99	58	0.117	58.98	0.213	410	71.34	18.88	10.0	0.021	18.262	0.097	3.157	45.99
Haz	22	22	8.16	584	7.42	50	0.108	26.99	0.000	270	53.70	10.65	13.5	0.000	0.000	0.063	1.457	53.43
Tem	26	28	8.38	571	6.66	62	0.083	37.98	0.000	240	54.50	23.24	23.2	0.000	7.752	0.064	1.112	51.85
Ağu	23	20	8.42	484	7.61	62	0.075	25.99	0.000	180	55.31	15.98	20.4	0.000	2.331	0.103	0.000	50.41
Eyl	21	19	8.29	528	6.85	70	0.117	25.99	0.000	60	56.91	17.91	21.6	0.000	0.671	0.042	0.895	43.34
Ort.	14.5	14.5	8.92	549	5.83	60	0.088	37.82	0.284	302	61.05	15.44	17.0	0.023	5.648	0.056	2.013	32.23
STD	±8.1	±8.9	±0.5	±99	±1.9	±6	±0.02	±10.6	±0.72	±142	±8.18	±6.08	±6.34	±0.03	±5.43	±0.02	±0.99	±15.4
Min	2	-1	8.16	415	2.66	50	0.041	25.99	0.000	60	52.90	4.69	4.0	0.000	0.000	0.021	0.000	15.06
Mak	26	28	9.98	785	7.99	70	0.117	58.98	2.556	500	76.95	23.24	23.2	0.130	18.262	0.103	3.157	53.43

Tablo 4.2.2. Tunca Nehri 2. İstasyonda Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin Ortalama, Sandart Sapma, Minimum ve Maksimum Değerleri (SS: Su Sıcaklığı, HS: Hava Sıcaklığı, Eİ: Elektrik İletkenliği, ÇO: Çözünmüş Oksijen, IG: Işık Geçirgenliği, Tuz: Tuzluluk, Cl^-: Klorür, H_2S: Hidrojen Sülfür, AKM: Askıda Katı Madde, Ca^{++}: Kalsiyum, Mg^{++}: Magnezyum, TS: Toplam Sertlik, NO_2-N: Nitrit Azotu, NO_3-N: Nitrat Azotu, PO_4^{-3}: Fosfat, SO_4^{-2}: Sülfat, $BOİ_5$: Biyolojik Oksijen İhtiyacı, Ort: Ortalama Değeri, STD: Standart Sapma Değeri, Min: Minimum Değeri, Mak: Maksimum Değeri)

2. İSTASYON																		
Ay	**SS ºC**	**HS ºC**	**pH**	**Eİ µS**	**ÇO mg/L**	**IG cm**	**Tuz ‰**	**Cl^- mg/L**	**H_2S mg/L**	**AKM mg/L**	**Ca^{++} mg/L**	**Mg^{++} mg/L**	**TS FSº**	**NO_2-N mg/L**	**NO_3-N mg/L**	**PO_4^{-3} mg/L**	**SO_4^{-2} mg/L**	**$BOİ_5$ mg/L**
Eki	12	19	9.40	408	4.18	55	0.067	30.99	2.130	260	53.70	21.79	4.4	0.000	2.110	0.020	2.007	13.77
Kas	14	19	9.06	606	3.99	55	0.075	35.98	0.426	490	69.73	19.37	9.4	0.130	2.884	0.071	1.772	15.06
Ara	8	8	9.20	539	4.18	57	0.083	36.98	0.213	70	72.14	2.90	19.2	0.044	7.641	0.054	2.774	16.80
Oca	2	1	8.94	460	7.42	65	0.083	34.98	0.000	480	57.71	15.49	20.8	0.015	4.654	0.055	2.728	28.57
Şub	2	-1	8.80	445	6.66	63	0.108	52.98	0.000	430	60.92	19.85	23.4	0.000	0.000	0.042	2.671	26.14
Mar	12	12	8.70	599	3.04	62	0.117	53.98	0.852	350	50.50	25.18	23.0	0.012	11.734	0.052	2.702	17.77
Nis	13	15	8.68	578	2.85	63	0.067	45.98	0.213	250	67.33	4.67	15.2	0.019	11.956	0.029	2.751	20.45
May	21	19	8.34	765	7.61	58	0.092	63.98	0.426	280	69.73	12.10	12.4	0.012	13.947	0.082	3.305	43.24
Haz	21	22	7.77	549	7.61	53	0.100	32.98	0.000	300	56.91	11.13	9.6	0.024	0.000	0.069	1.901	58.43
Tem	25	27	7.98	641	6.28	63	0.075	35.98	0.000	210	64.12	29.53	28.2	0.000	7.309	0.074	1.533	47.14
Ağu	22	20	8.04	548	8.75	66	0.083	27.99	1.065	290	65.73	23.24	26.0	0.000	6.195	0.071	0.000	65.81
Eyl	22	20	8.01	539	7.04	69	0.083	29.99	0.213	130	63.32	28.08	27.4	0.000	1.888	0.046	1.104	40.07
Ort.	14.5	15	8.57	556	5.80	61	0.086	40.23	0.461	295	62.65	17.78	18.3	0.021	5.859	0.055	2.104	32.77
STD	±7.8	±8.5	±0.5	±95	±2.0	±5	±0.01	±11.3	±0.62	±128	±6.82	±8.66	±7.9	±0.03	±4.77	±0.01	±0.91	±17.8
Min	2	-1	7.77	408	2.85	53	0.067	27.99	0.000	70	50.50	2.90	4.4	0.000	0.000	0.020	0.000	13.77
Mak	25	27	9.40	765	8.75	69	0.117	63.98	2.130	490	72.14	29.53	28.2	0.130	13.947	0.082	3.305	65.81

Tablo 4.2.3. Tunca Nehri 3. İstasyonda Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin Ortalama, Sandart Sapma, Minimum ve Maksimum Değerleri (SS: Su Sıcaklığı, HS: Hava Sıcaklığı, Eİ: Elektrik İletkenliği, ÇO: Çözünmüş Oksijen, IG: Işık Geçirgenliği, Tuz: Tuzluluk, Cl^-: Klorür, H_2S: Hidrojen Sülfür, AKM: Askıda Katı Madde, Ca^{++}: Kalsiyum, Mg^{++}: Magnezyum, TS: Toplam Sertlik, NO_2-N: Nitrit Azotu, NO_3-N: Nitrat Azotu, PO_4^{-3}: Fosfat, SO_4^{-2}: Sülfat, $BOİ_5$: Biyolojik Oksijen İhtiyacı, Ort: Ortalama Değeri, STD: Standart Sapma Değeri, Min: Minimum Değeri, Mak: Maksimum Değeri)

3. İSTASYON																		
Ay	**SS ºC**	**HS ºC**	**pH**	**Eİ µS**	**ÇO mg/L**	**IG cm**	**Tuz ‰**	**Cl^- mg/L**	**H_2S mg/L**	**AKM mg/L**	**Ca^{++} mg/L**	**Mg^{++} mg/L**	**TS FSº**	**NO_2-N mg/L**	**NO_3-N mg/L**	**PO_4^{-3} mg/L**	**SO_4^{-2} mg/L**	**$BOİ_5$ mg/L**
Eki	11	19	9.14	421	3.80	55	0.058	31.99	1.278	320	50.50	21.30	3.8	0.000	4.654	0.035	1.981	12.19
Kas	14	20	8.59	595	3.61	25	0.075	36.98	0.426	480	64.12	18.88	8.2	0.154	6.867	0.110	2.819	13.70
Ara	7	8	8.71	543	4.56	37	0.083	37.98	0.213	150	72.94	1.93	19.0	0.050	9.190	0.056	2.683	18.46
Oca	2	3	8.90	446	6.47	78	0.083	34.98	0.000	440	52.10	15.49	19.4	0.000	2.552	0.048	2.406	22.77
Şub	3	1	8.94	438	6.85	67	0.092	51.98	0.000	400	63.32	14.52	21.8	0.000	0.000	0.043	2.603	27.42
Mar	13	10	8.46	602	3.04	65	0.092	55.98	0.000	350	46.49	25.18	22.0	0.000	8.637	0.061	2.724	18.95
Nis	13	11	8.66	586	3.04	64	0.083	47.98	0.000	290	65.73	1.45	15.8	0.025	15.717	0.029	2.713	22.24
May	21	18	8.26	788	7.61	62	0.092	62.98	2.343	350	70.54	17.43	10.4	0.015	10.849	0.074	3.369	32.87
Haz	20	22	7.78	566	7.61	64	0.117	35.98	0.639	320	60.12	13.55	9.4	0.033	0.000	0.059	2.098	57.53
Tem	26	28	7.85	679	5.71	78	0.075	35.98	0.639	260	61.72	34.86	29.8	0.000	3.437	0.057	1.844	41.78
Ağu	23	21	7.78	576	6.66	73	0.058	28.99	0.000	290	60.92	21.79	24.2	0.000	2.773	0.085	0.121	38.15
Eyl	22	22	7.91	578	7.04	74	0.075	28.99	0.426	190	60.92	31.47	28.2	0.000	0.000	0.032	1.188	38.66
Ort.	14.6	15.3	8.41	568	5.50	62	0.081	40.90	0.497	320	60.78	18.15	17.6	0.023	5.389	0.057	2.212	28.73
STD	±7.9	±8.4	±0.4	±103	±1.7	±16	±0.01	±11.1	±0.69	±95	±7.81	±10.06	±8.2	±0.04	±4.95	±0.02	±0.86	±13.4
Min	2	1	7.78	421	3.04	25	0.058	28.99	0.000	150	46.49	1.45	3.8	0.000	0.000	0.029	0.121	12.19
Mak	26	28	9.14	788	7.61	78	0.117	62.98	2.343	480	72.94	34.86	29.8	0.154	15.717	0.110	3.369	57.53

Tablo 4.2.4. Tunca Nehri 4. İstasyonda Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin Ortalama, Sandart Sapma, Minimum ve Maksimum Değerleri (SS: Su Sıcaklığı, HS: Hava Sıcaklığı, Eİ: Elektrik İletkenliği, ÇO: Çözünmüş Oksijen, IG: Işık Geçirgenliği, Tuz: Tuzluluk, Cl^-: Klorür, H_2S: Hidrojen Sülfür, AKM: Askıda Katı Madde, Ca^{++}: Kalsiyum, Mg^{++}: Magnezyum, TS: Toplam Sertlik, NO_2-N: Nitrit Azotu, NO_3-N: Nitrat Azotu, PO_4^{-3}: Fosfat, SO_4^{-2}: Sülfat, $BOİ_5$: Biyolojik Oksijen İhtiyacı, Ort: Ortalama Değeri, STD: Standart Sapma Değeri, Min: Minimum Değeri, Mak: Maksimum Değeri)

4. İSTASYON																		
Ay	**SS** **ºC**	**HS** **ºC**	**pH**	**Eİ** **µS**	**ÇO** **mg/L**	**IG** **cm**	**Tuz** **‰**	**Cl^-** **mg/L**	**H_2S** **mg/L**	**AKM** **mg/L**	**Ca^{++}** **mg/L**	**Mg^{++}** **mg/L**	**TS** **FSº**	**NO_2-N** **mg/L**	**NO_3-N** **mg/L**	**PO_4^{-3}** **mg/L**	**SO_4^{-2}** **mg/L**	**$BOİ_5$** **mg/L**
Eki	12	23	9.12	424	4.18	52	0.058	28.99	1.917	220	49.69	21.30	3.6	0.0	2.884	0.030	2.068	15.57
Kas	14	19	8.72	605	3.42	25	0.067	34.98	0.639	420	64.92	18.88	8.4	0.143	11.956	0.146	3.134	12.84
Ara	8	8	8.75	547	4.95	60	0.083	40.98	0.000	320	71.34	3.38	16.4	0.029	10.407	0.057	2.728	20.99
Oca	2	3	8.78	447	6.66	68	0.083	33.98	0.000	390	56.61	11.62	18.8	0.001	8.637	0.048	2.565	24.46
Şub	2	1	8.73	437	6.85	71	0.092	51.98	0.000	410	58.51	18.88	22.4	0.000	0.000	0.042	2.474	27.29
Mar	12	9	8.76	604	3.23	68	0.108	59.98	0.000	350	36.07	29.53	21.2	0.001	9.854	0.064	2.838	20.55
Nis	14	11	8.50	595	3.04	66	0.092	51.98	0.000	390	65.73	7.26	13.4	0.050	13.947	0.032	2.557	22.94
May	21	17	8.20	799	7.42	62	0.092	60.98	0.639	460	60.92	12.59	10	0.029	14.168	0.071	3.282	33.28
Haz	21	21	7.83	570	7.42	60	0.134	35.98	0.000	350	57.71	11.62	9.6	0.045	0.000	0.059	2.087	56.95
Tem	26	26	7.90	696	6.28	82	0.075	35.98	0.000	290	52.90	36.80	28.4	0.000	5.097	0.065	1.351	46.19
Ağu	23	22	7.79	588	7.42	79	0.067	29.99	0.852	250	65.73	29.05	28.4	0.000	2.773	0.077	0.156	42.04
Eyl	21	21	7.86	576	6.85	68	0.100	29.99	0.000	290	62.52	24.21	25.6	0.000	0.782	0.031	1.214	36.33
Ort.	14.7	15.1	8.41	574	5.64	63	0.087	41.32	0.337	345	58.55	18.76	17.1	0.024	6.708	0.060	2.204	29.95
STD	±7.9	±8.3	±0.4	±107	±1.7	±14	±0.02	±11.7	±0.59	±72	±9.28	±9.96	±8.2	±0.04	±5.39	±0.03	±0.90	±13.2
Min	2	1	7.79	424	3.04	25	0.058	28.99	0.000	220	36.07	3.38	3.6	0.000	0.000	0.030	0.156	12.84
Mak	26	26	9.12	799	7.42	82	0.134	60.98	1.917	460	71.34	36.80	28.4	0.143	14.168	0.146	3.282	56.95

Tablo 4.2.5. Tunca Nehri 5. İstasyonda Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin Ortalama, Sandart Sapma, Minimum ve Maksimum Değerleri (SS: Su Sıcaklığı, HS: Hava Sıcaklığı, Eİ: Elektrik İletkenliği, ÇO: Çözünmüş Oksijen, IG: Işık Geçirgenliği, Tuz: Tuzluluk, Cl^-: Klorür, H_2S: Hidrojen Sülfür, AKM: Askıda Katı Madde, Ca^{++}: Kalsiyum, Mg^{++}: Magnezyum, TS: Toplam Sertlik, NO_2-N: Nitrit Azotu, NO_3-N: Nitrat Azotu, PO_4^{-3}: Fosfat, SO_4^{-2}: Sülfat, $BOİ_5$: Biyolojik Oksijen İhtiyacı, Ort: Ortalama Değeri, STD: Standart Sapma Değeri, Min: Minimum Değeri, Mak: Maksimum Değeri)

5. İSTASYON																		
Ay	**SS °C**	**HS °C**	**pH**	**Eİ µS**	**ÇO mg/L**	**IG cm**	**Tuz ‰**	**Cl^- mg/L**	**H_2S mg/L**	**AKM mg/L**	**Ca^{++} mg/L**	**Mg^{++} mg/L**	**TS FS°**	**NO_2-N mg/L**	**NO_3-N mg/L**	**PO_4^{-3} mg/L**	**SO_4^{-2} mg/L**	**$BOİ_5$ mg/L**
Eki	12	20	8.56	418	4.18	61	0.067	30.99	2.130	400	39.27	16.94	2.8	0.000	2.552	0.041	2.072	14.74
Kas	14	20	8.41	604	3.61	30	0.083	39.98	1.278	850	66.53	19.37	8.6	0.160	12.730	0.131	1.802	13.29
Ara	8	9	8.80	525	3.99	65	0.083	37.98	0.000	220	68.13	0.48	16.8	0.050	9.632	0.062	2.736	15.76
Oca	3	3	8.71	439	6.47	68	0.092	32.98	0.000	390	53.70	13.59	19	0.003	9.190	0.052	2.611	22.79
Şub	3	3	8.74	431	7.04	78	0.108	53.98	0.000	400	61.72	14.43	21.2	0.000	0.000	0.047	2.481	27.90
Mar	13	10	8.67	607	3.04	70	0.108	57.98	0.000	340	38.47	28.08	21.2	0.006	10.407	0.060	2.728	18.07
Nis	14	11	8.42	601	3.42	68	0.083	50.98	0.000	350	61.72	5.81	13	0.000	17.708	0.030	2.519	24.69
May	22	20	7.99	803	7.61	65	0.083	59.98	1.491	430	68.93	14.52	11.2	0.052	12.619	0.068	3.438	35.49
Haz	23	24	7.88	573	7.80	59	0.108	32.98	0.000	360	56.91	11.13	9.6	0.048	0.000	0.061	2.269	57.78
Tem	27	29	7.88	701	5.52	63	0.083	37.98	0.213	360	49.69	42.13	29.8	0.000	2.884	0.064	1.476	39.44
Ağu	24	23	7.81	597	6.09	73	0.075	30.99	1.065	310	53.70	29.05	26.6	0.000	0.893	0.032	1.188	36.22
Eyl	22	22	7.87	588	6.66	73	0.083	32.98	0.426	320	59.31	28.57	25.8	0.000	0.846	0.036	1.117	38.92
Ort.	15.4	16.2	8.31	574	5.45	64	0.088	41.65	0.550	394	56.51	18.67	17.1	0.026	6.621	0.057	2.203	28.76
STD	±8.1	±8.6	±0.3	±111	±1.7	±12	±0.01	±10.9	±0.74	±153	±10.16	±11.52	±8.2	±0.04	±6.10	±0.02	±0.69	±13.2
Min	3	3	7.81	418	3.04	30	0.067	30.99	0.000	220	38.47	0.48	2.8	0.000	0.000	0.030	1.117	13.29
Mak	27	29	8.80	803	7.80	78	0.108	59.98	2.130	850	68.93	42.13	29.8	0.106	17.708	0.131	3.438	57.78

Tablo 4.2.6. Tunca Nehri'nde Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin Aylık Ortalama Değerleri (Eİ: Elektrik İletkenliği, Ç.O.:Çözünmüş Oksijen, AKM: Askıda Katı Madde, $BOİ_5$: Biyolojik Oksijen İhtiyacı)

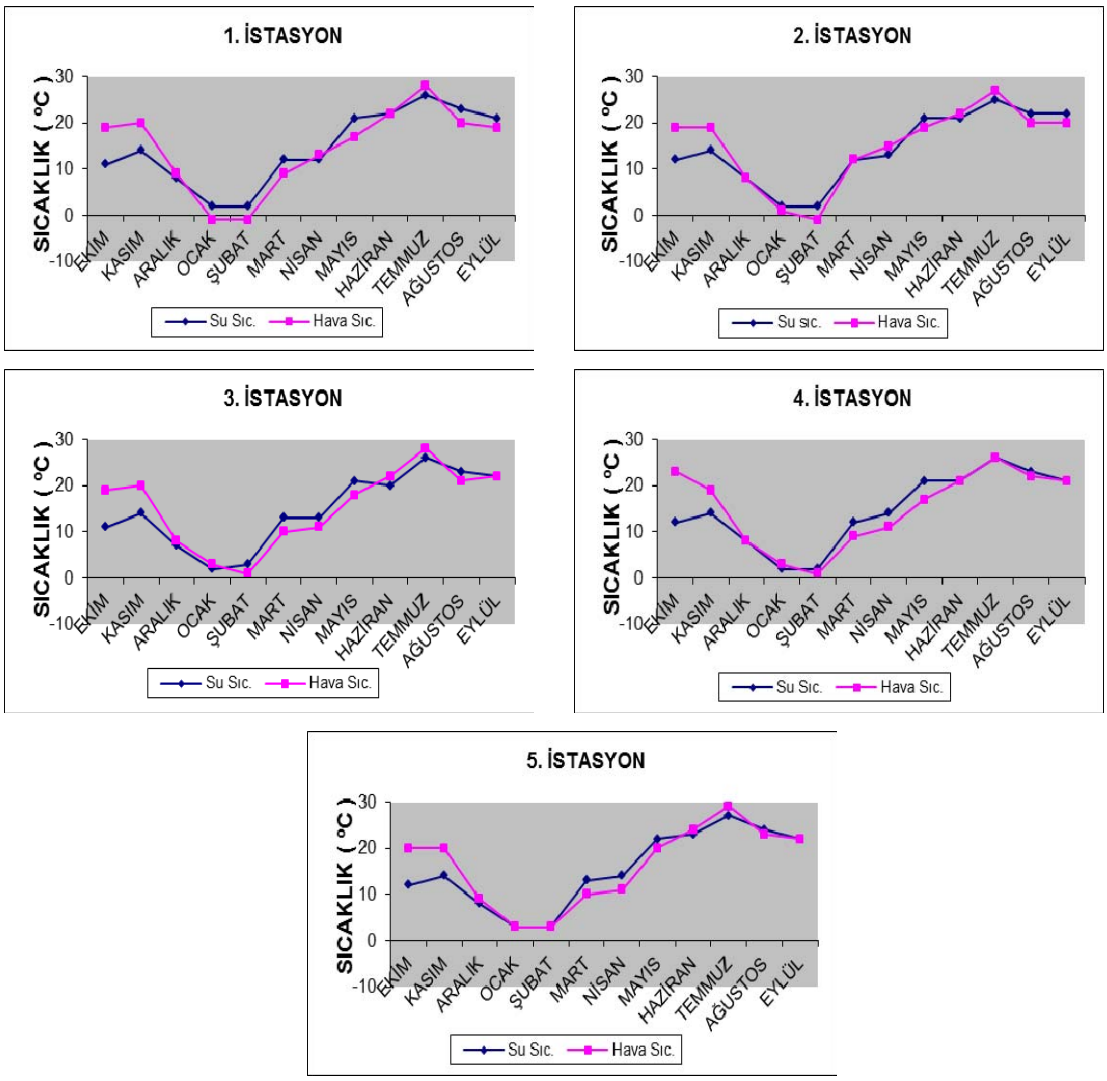
PARAMETRELER	**AYLAR**											
	Eki	**Kas**	**Ara**	**Oca**	**Şub**	**Mar**	**Nis**	**May**	**Haz**	**Tem**	**Ağu**	**Eyl**
Su Sıcaklığı (ºC)	11.6	14	7.8	**2.2**	2.4	12.4	12.7	21.2	21.4	**26**	23	21.6
Hava Sıcaklığı (ºC)	20	19.6	8.4	1.8	**0.6**	10	12.2	18.2	22.2	**27.6**	21.2	20.8
pH	9.24	8.73	8.99	8.96	8.94	8.70	**9.59**	8.29	**7.88**	7.99	7.96	7.98
Eİ (µS/cm)	**417**	603	534	449	440	605	590	**788**	568	658	559	562
Ç.O. (mg/L)	4.15	3.69	4.56	6.85	6.93	3.04	**3.00**	**7.65**	7.57	6.09	7.31	6.89
Işık Geçirgenliği (cm)	55	**38**	56	69	69	66	65	61	57	70	**71**	**71**
Tuzluluk (‰)	**0.058**	0.076	0.086	0.084	0.098	0.105	0.082	0.093	**0.113**	0.078	0.071	0.091
Klorür (mg/L)	30.59	37.58	37.78	33.98	51.78	55.38	48.78	**60.26**	32.98	36.78	**28.79**	29.59
Hidrojen Sülfür (mg/L)	**2.002**	0.724	0.085	**0.000**	**0.000**	0.213	0.042	1.022	0.127	0.170	0.596	0.213
AKM (mg/L)	326	**546**	**174**	440	384	350	316	386	320	272	264	198
Kalsiyum (mg/L)	49.21	67.01	**72.30**	56.37	62.04	**44.88**	64.28	68.29	57.07	56.59	58.28	60.60
Magnezyum (mg/L)	20.72	19.17	**2.90**	13.46	16.73	25.47	13.19	15.10	11.62	**33.31**	23.82	26.05
Toplam Sertlik (FSº)	3.7	8.8	18.6	19.6	22.3	21.7	14.8	10.8	**0.3**	**27.8**	24.8	25.8
Nitrit Azotu (mg/L)	0.002	**0.143**	0.048	0.007	**0.000**	0.007	0.021	0.025	0.030	**0.000**	**0.000**	**0.000**
Nitrat Azotu (mg/L)	3.193	7.464	9.123	5.716	**0.000**	10.008	13.947	**13.969**	**0.000**	5.295	3.369	0.846
Fosfat (mg/L)	0.029	**0.105**	0.056	0.050	0.041	0.058	**0.028**	0.078	0.062	0.060	0.087	0.036
Sülfat (mg/L)	2.013	2.259	2.723	2.585	2.631	2.804	2.619	**3.310**	1.962	1.463	**0.072**	1.117
$BOİ_5$ (mg/L)	14.43	**13.90**	18.56	24.82	27.34	18.70	21.75	38.18	**56.82**	45.20	47.28	38.94

Tablo 4.2.7. Tunca Nehri'nde Ölçülen Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin İstasyonlara Göre Yıllık Ortalama Değerleri (Eİ: Elektrik İletkenliği, Ç.O.: Çözünmüş Oksijen, I.G.: Işık Geçirgenliği, AKM: Askıda Katı Madde, TS: Toplam Sertlik, $BOİ_5$: Biyolojik Oksijen İhtiyacı)

PARAMETRELER	1. İST	2. İST	3. İST	4. İST	5. İST	ORT.
Su Sıc. (ºC)	14.5	14.5	14.6	14.7	15.4	14.7
Hava Sıc. (ºC)	14.5	15	15.3	15.1	16.2	15.2
pH	8.92	8.52	8.41	8.41	8.31	8.51
Eİ (µS/cm)	549	556	568	574	574	564
Ç.O. (mg/L)	5.83	5.80	5.50	5.64	5.45	5.64
I.G. (cm)	60	61	62	63	64	62
Tuzluluk (‰)	0.088	0.086	0.081	0.087	0.088	0.086
Klorür (mg/L)	37.82	40.23	40.90	41.32	41.65	40.38
H_2S (mg/L)	0.284	0.461	0.497	0.337	0.550	0.425
AKM (mg/L)	302	295	320	345	394	331
Ca^{++} (mg/L)	61.05	62.65	60.78	58.55	56.51	59.90
Mg^{++} (mg/L)	15.44	17.78	18.15	18.76	18.67	17.76
TS (FSº)	17.0	18.3	17.6	17.1	17.1	17.4
NO_2-N (mg/L)	0.023	0.021	0.023	0.024	0.026	0.023
NO_3-N (mg/L)	5.648	5.859	5.389	6.708	6.621	6.045
Fosfat (mg/L)	0.056	0.055	0.057	0.060	0.057	0.057
Sülfat (mg/L)	2.013	2.104	2.212	2.204	2.203	2.147
$BOİ_5$ (mg/L)	32.23	32.77	28.73	29.95	28.76	30.49

4.2.1. Su ve hava sıcaklıkları

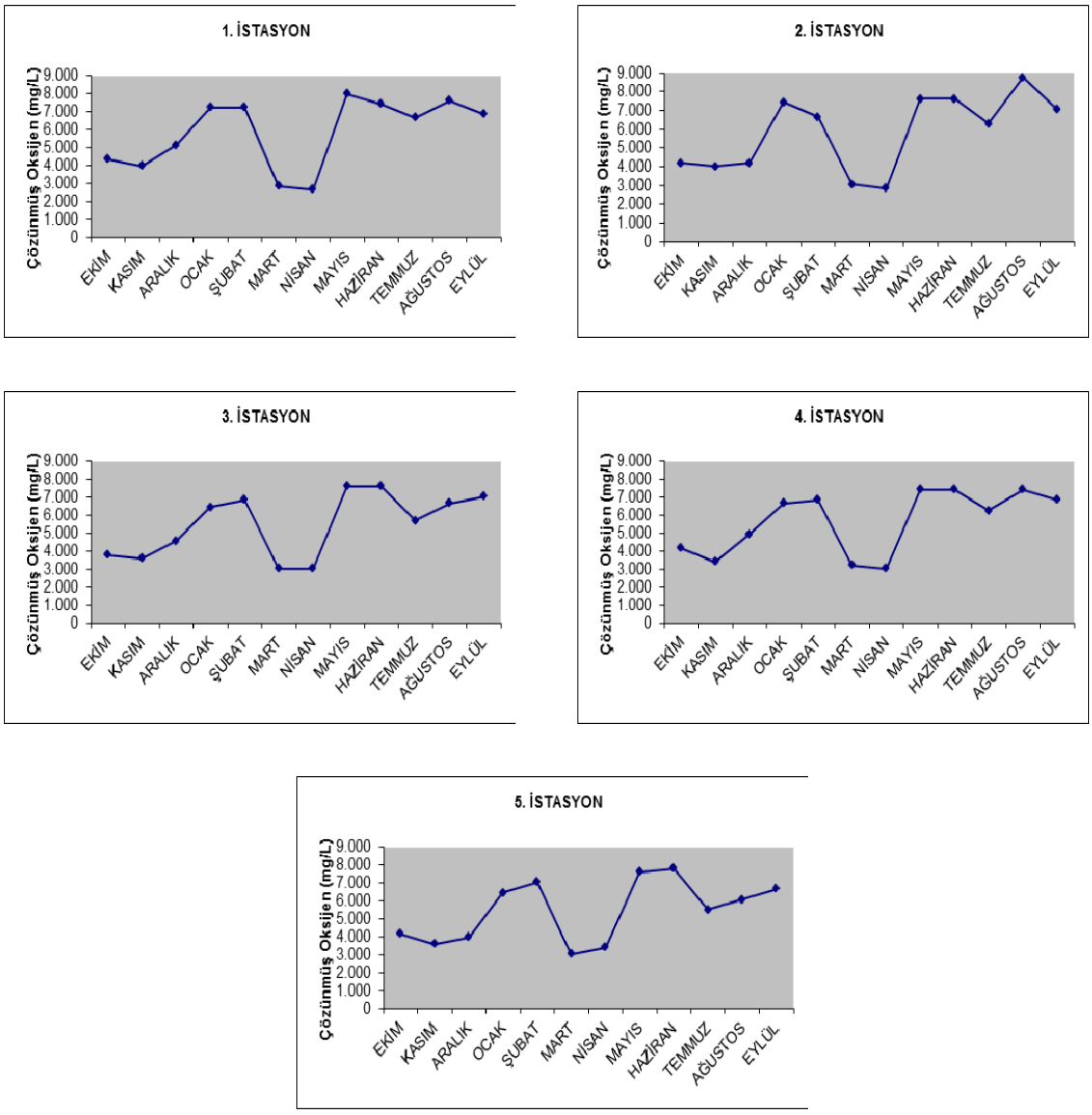
Tunca Nehri'nden seçilen toplam 5 istasyonda aylık periyotlarla 1 yıl boyunca (Ekim 2010-Eylül 2011) yapılan örneklemelerden elde edilen verilere göre, en düşük su sıcaklığı 2ºC ile Ocak ayında (1., 2., 3. ve 4. istasyonlarda) ve Şubat ayında (1., 2. ve 4. istasyonlarda), en yüksek su sıcaklığı 27ºC ile Temmuz ayında (5. istasyonda) ölçülmüştür. Tunca Nehri'nde en düşük hava sıcaklığı -1ºC ile Ocak ayında (1. istasyonda) ve Şubat ayında (1. ve 2. istasyonlarda), en yüksek hava sıcaklığı 29ºC ile Temmuz ayında (5. istasyonda) ölçülmüştür (Şekil 4.2.1.).



Şekil 4.2.1. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Su ve Hava Sıcaklıkları (ºC)

4.2.2. Çözünmüş oksijen

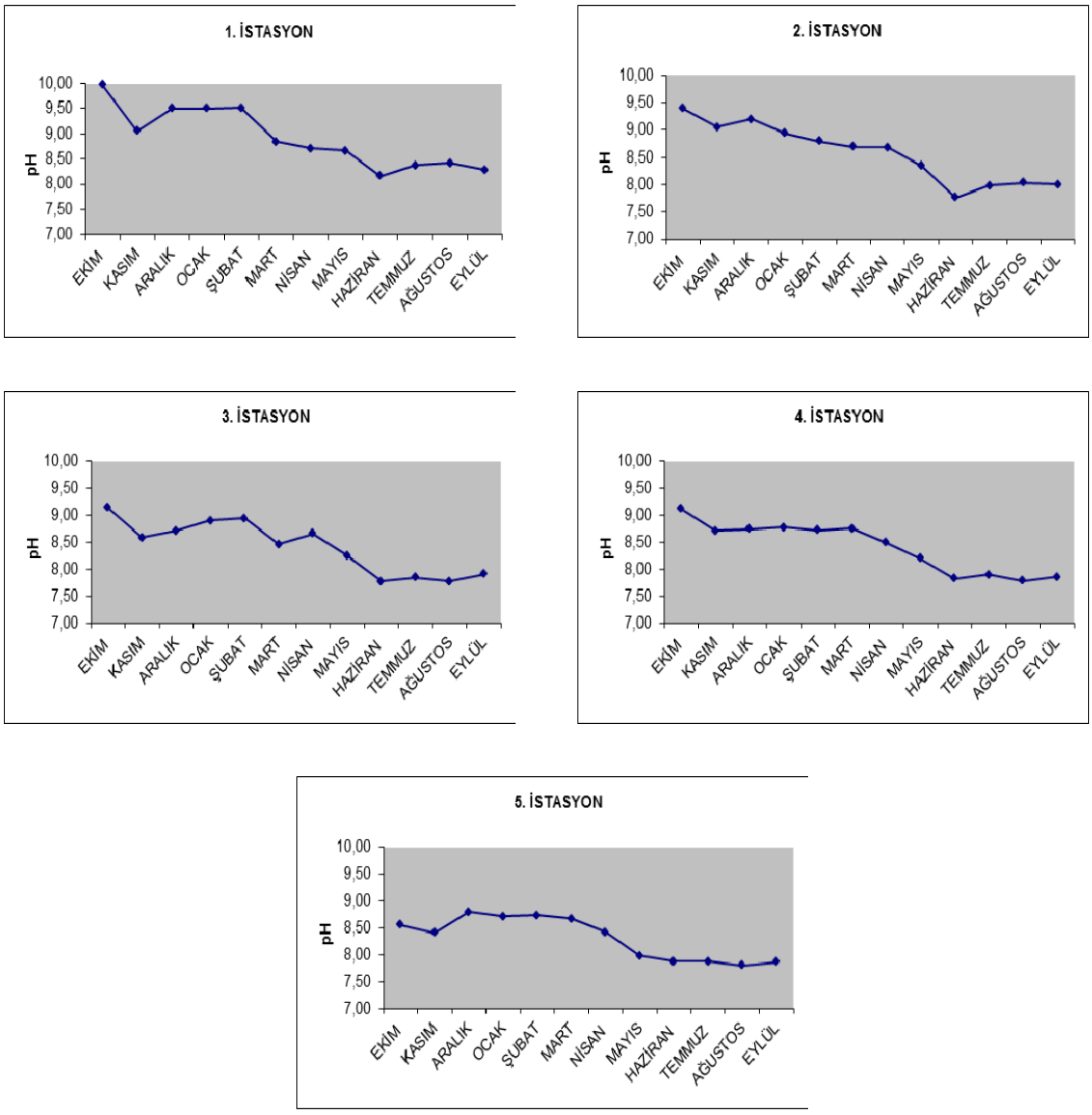
Tunca Nehri'nden seçilen toplam 5 istasyonda aylık periyotlarla 1 yıl boyunca (Ekim 2010-Eylül 2011) yapılan örneklemelerden elde edilen verilere göre, çözünmüş oksijen değeri en düşük 2.66 mg/L ile Nisan ayında (1. istasyonda), en yüksek 8.75 mg/L ile Ağustos ayında (2. istasyonda) ölçülmüştür (Şekil 4.2.2.).



Şekil 4.2.2. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Çözünmüş Oksijen (mg/L) Değerleri

4.2.3. pH

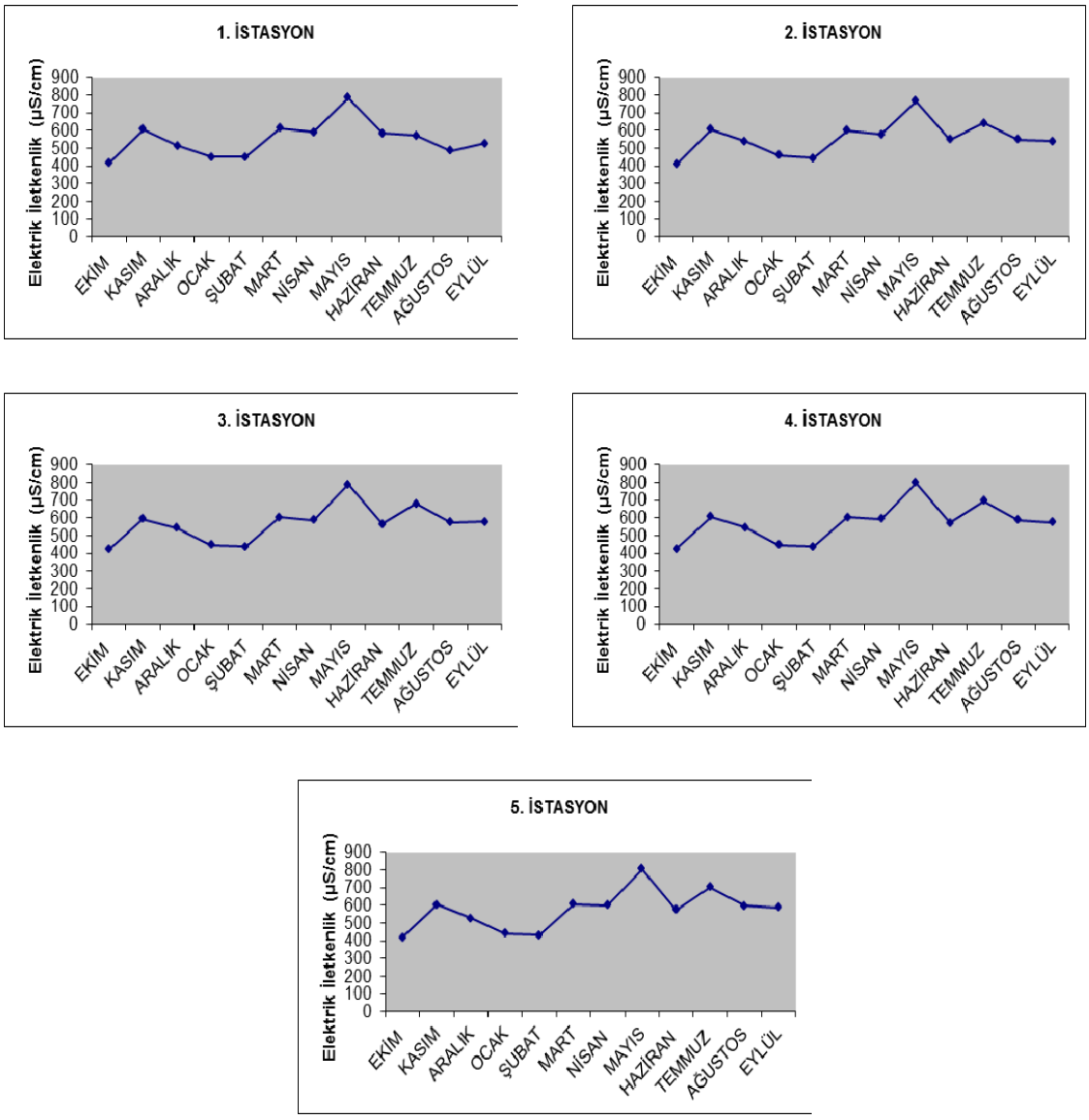
Tunca Nehri'nden seçilen toplam 5 istasyonda aylık periyotlarla 1 yıl boyunca (Ekim 2010-Eylül 2011) yapılan örneklemelerden elde edilen verilere göre, pH değeri en düşük 7.77 ile Haziran ayında (2. istasyonda), en yüksek 9.98 ile Ekim ayında (1. istasyonda) ölçülmüştür (Şekil 4.2.3.).



Şekil 4.2.3. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre pH Değerleri

4.2.4. Elektrik iletkenliği

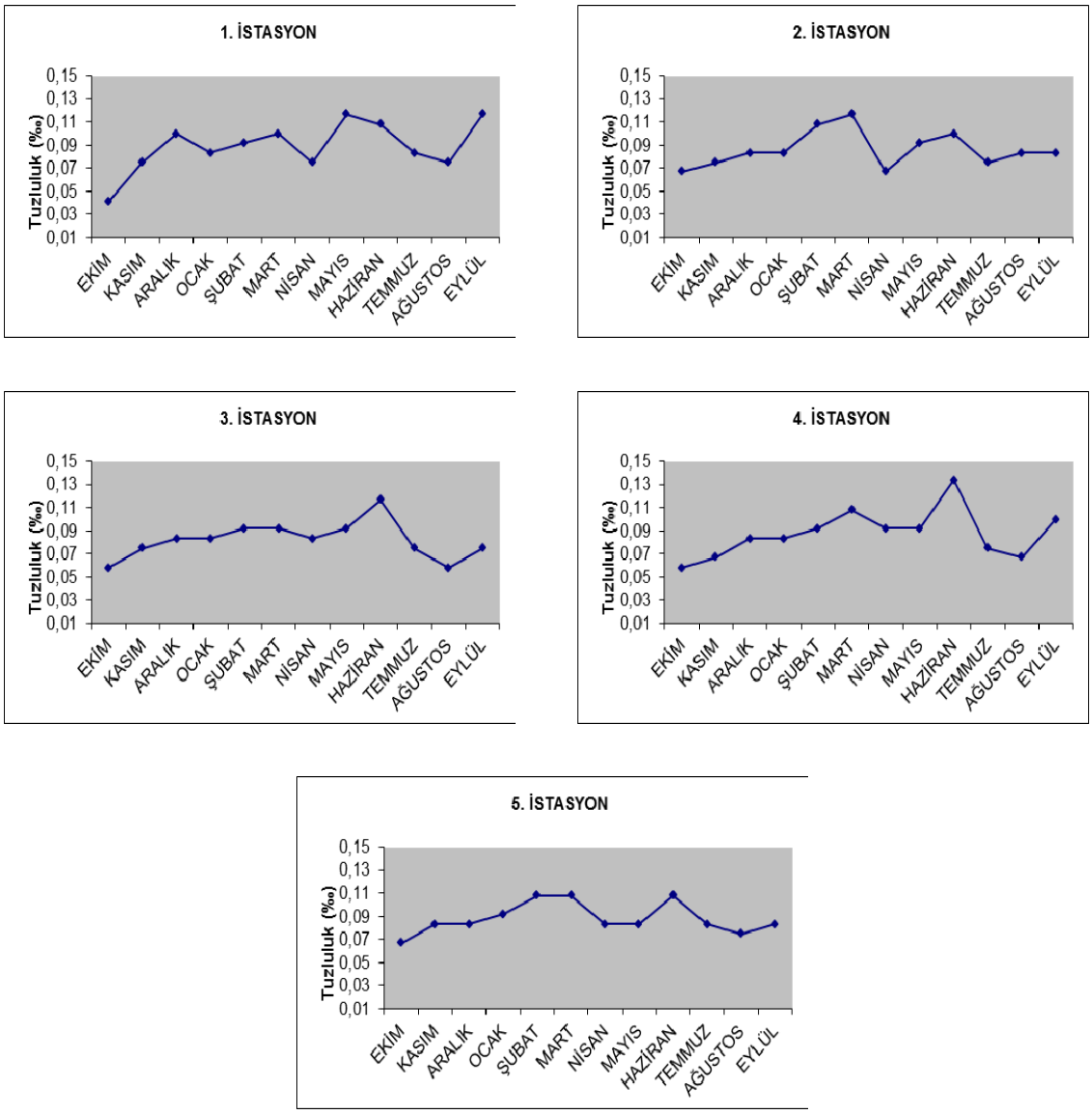
Tunca Nehri'nden seçilen toplam 5 istasyonda aylık periyotlarla 1 yıl boyunca (Ekim 2010-Eylül 2011) yapılan örneklemelerden elde edilen verilere göre, elektrik iletkenliği değeri en düşük 408 µS/cm ile Ekim ayında (2. istasyonda), en yüksek 803 µS/cm ile Mayıs ayında (5. istasyonda) ölçülmüştür (Şekil 4.2.4.).



Şekil 4.2.4. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Elektrik İletkenliği (µS/cm) Değerleri

4.2.5. Tuzluluk

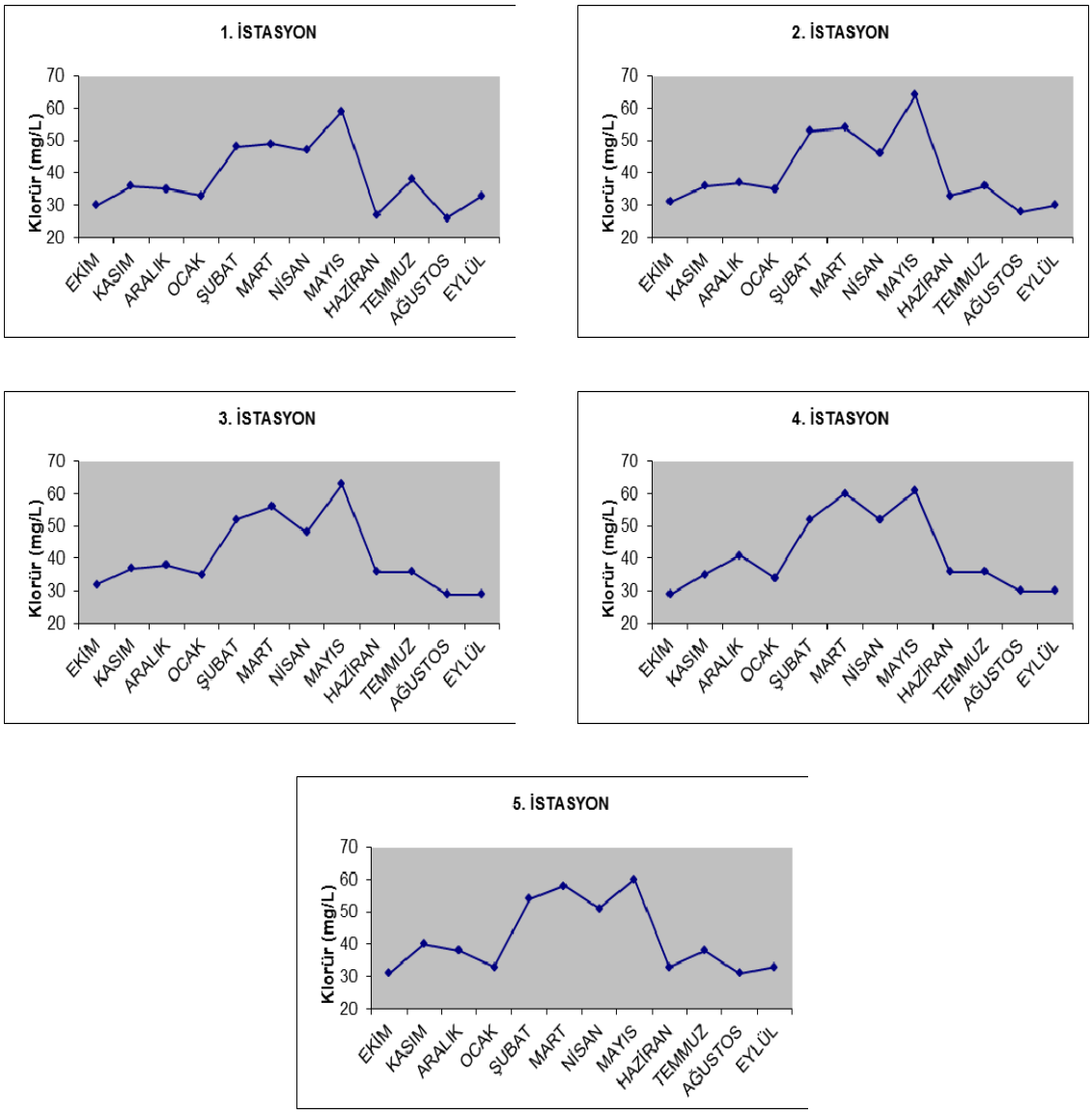
Tunca Nehri'nden seçilen toplam 5 istasyonda aylık periyotlarla 1 yıl boyunca (Ekim 2010-Eylül 2011) yapılan örneklemelerden elde edilen verilere göre, tuzluluk değeri en düşük ‰ 0.041 ile Ekim ayında (1. istasyonda), en yüksek ‰ 0.134 ile Haziran ayında (4. istasyonda) ölçülmüştür (Şekil 4.2.5.).



Şekil 4.2.5. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Tuzluluk (‰) Değerleri

4.2.6. Klorür (Cl^-)

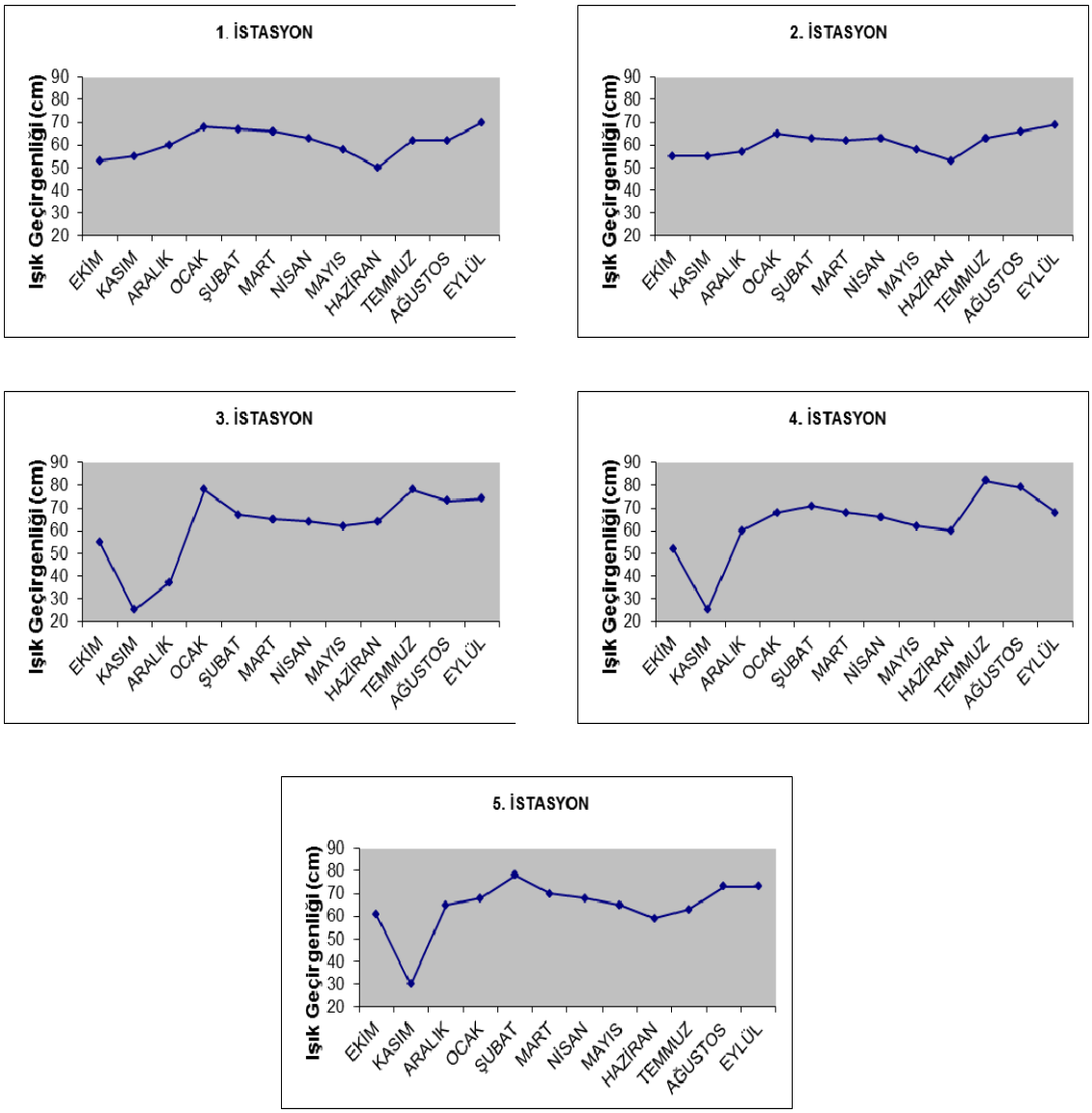
Tunca Nehri'nden seçilen toplam 5 istasyonda aylık periyotlarla 1 yıl boyunca (Ekim 2010-Eylül 2011) yapılan örneklemelerden elde edilen verilere göre, klorür miktarı en düşük 25.99 mg/L ile Ağustos ve Eylül aylarında (1. istasyonda), en yüksek 63.98 mg/L ile Mayıs ayında (2. istasyonda) ölçülmüştür (Şekil 4.2.6.).



Şekil 4.2.6. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Klorür (mg/L) Değerleri

4.2.7. Işık geçirgenliği

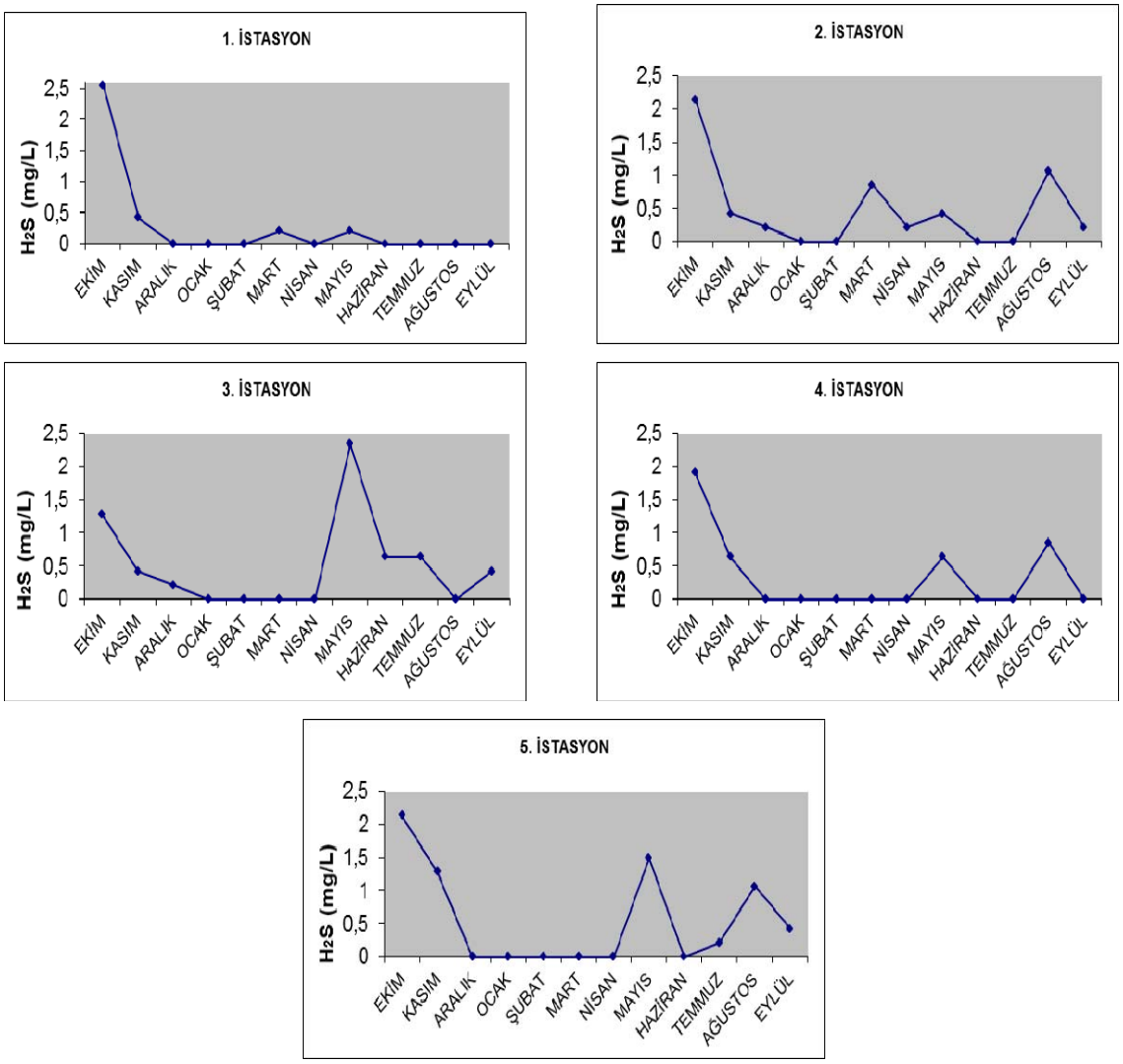
Tunca Nehri'nden seçilen toplam 5 istasyonda aylık periyotlarla 1 yıl boyunca (Ekim 2010-Eylül 2011) yapılan örneklemelerden elde edilen verilere göre, ışık geçirgenliği en düşük 25 cm ile Kasım ayında (3. ve 4. istasyonlarda), en yüksek 82 cm ile Temmuz ayında (4. istasyonda) ölçülmüştür (Şekil 4.2.7.).



Şekil 4.2.7. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Işık Geçirgenliği (cm)

4.2.8. Hidrojen sülfür (H_2S)

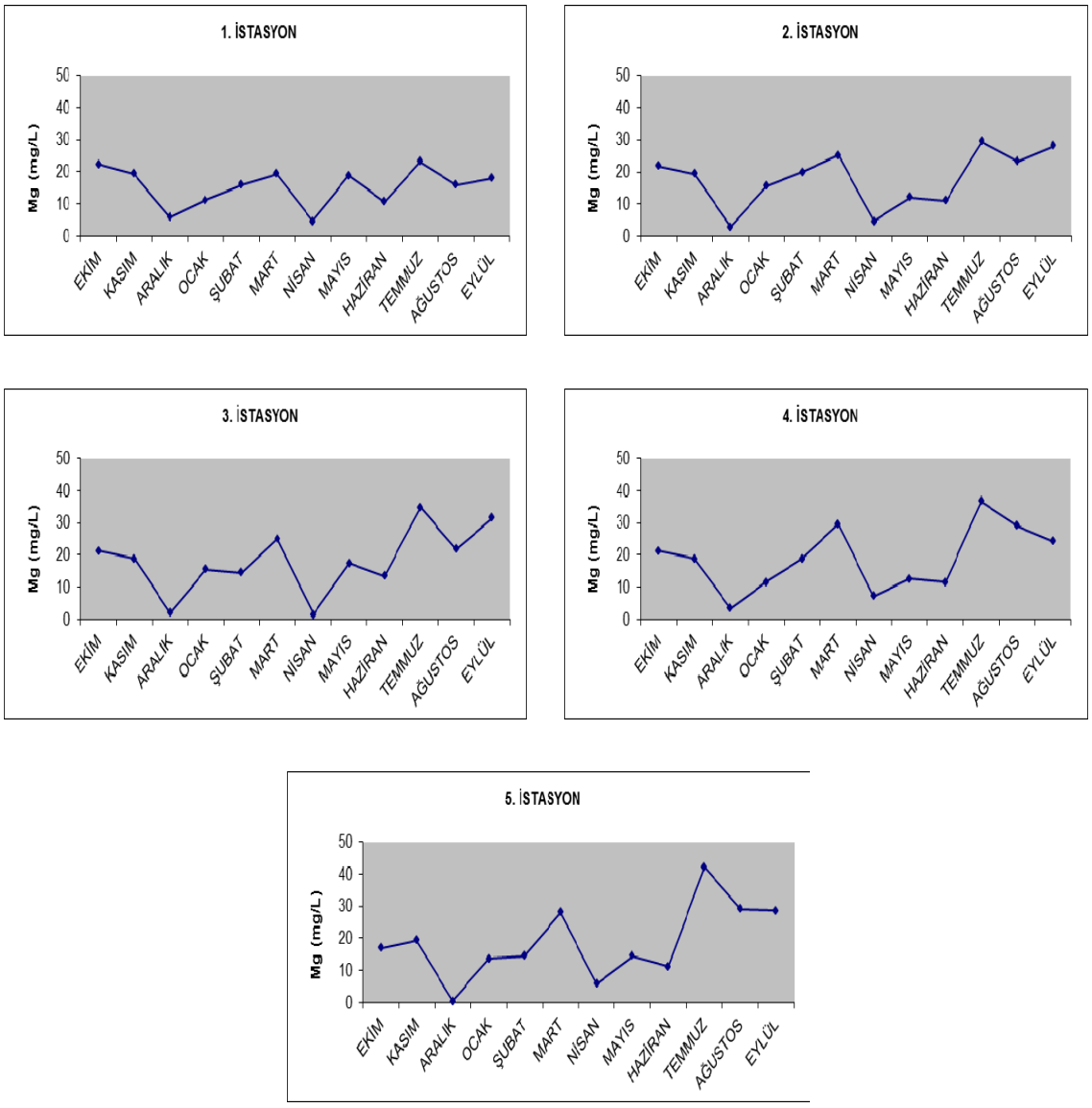
Tunca Nehri'nden seçilen toplam 5 istasyonda aylık periyotlarla 1 yıl boyunca (Ekim 2010-Eylül 2011) yapılan örneklemelerden elde edilen verilere göre H_2S değeri en yüksek 2.556 mg/L ile Ekim ayında (1. istasyonda) ölçülmüştür. Ocak ve Şubat aylarında hiçbir örnekleme istasyonunda H_2S'e rastlanmamış olup, yine Aralık (1., 4. ve 5. istasyonlar), Mart (3., 4. ve 5. istasyonlar), Nisan (1., 3., 4. ve 5. istasyonlar), Haziran (1., 2., 4. ve 5. istasyonlar), Temmuz (1., 2. ve 4. istasyonlar), Ağustos (1. ve 3. istasyonlar) ve Eylül (1. ve 4. istasyonlar) aylarında H_2S varlığı saptanamamıştır (Şekil 4.2.8.).



Şekil 4.2.8. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Hidrojen Sülfür (mg/L) Değerleri

4.2.9. Magnezyum (Mg^{++})

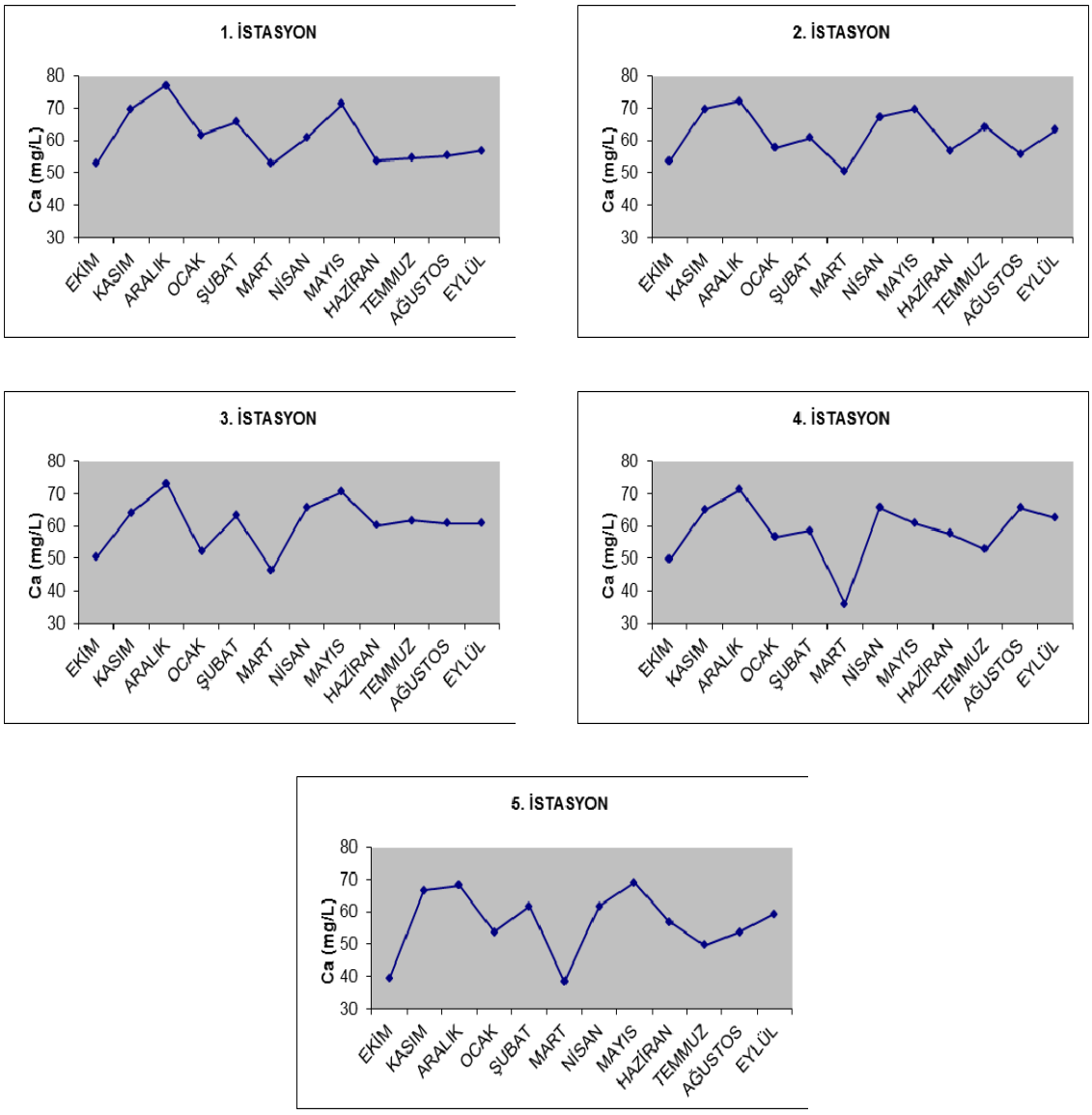
Tunca Nehri'nden seçilen toplam 5 istasyonda aylık periyotlarla 1 yıl boyunca (Ekim 2010-Eylül 2011) yapılan örneklemelerden elde edilen verilere göre, Magnezyum miktarı en düşük 0.48 mg/L ile Aralık ayında (5. istasyonda), en yüksek 42.13 mg/L ile Temmuz ayında (5. istasyonda) ölçülmüştür (Şekil 4.2.9.).



Şekil 4.2.9. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Magnezyum (mg/L) Değerleri

4.2.10. Kalsiyum (Ca^{++})

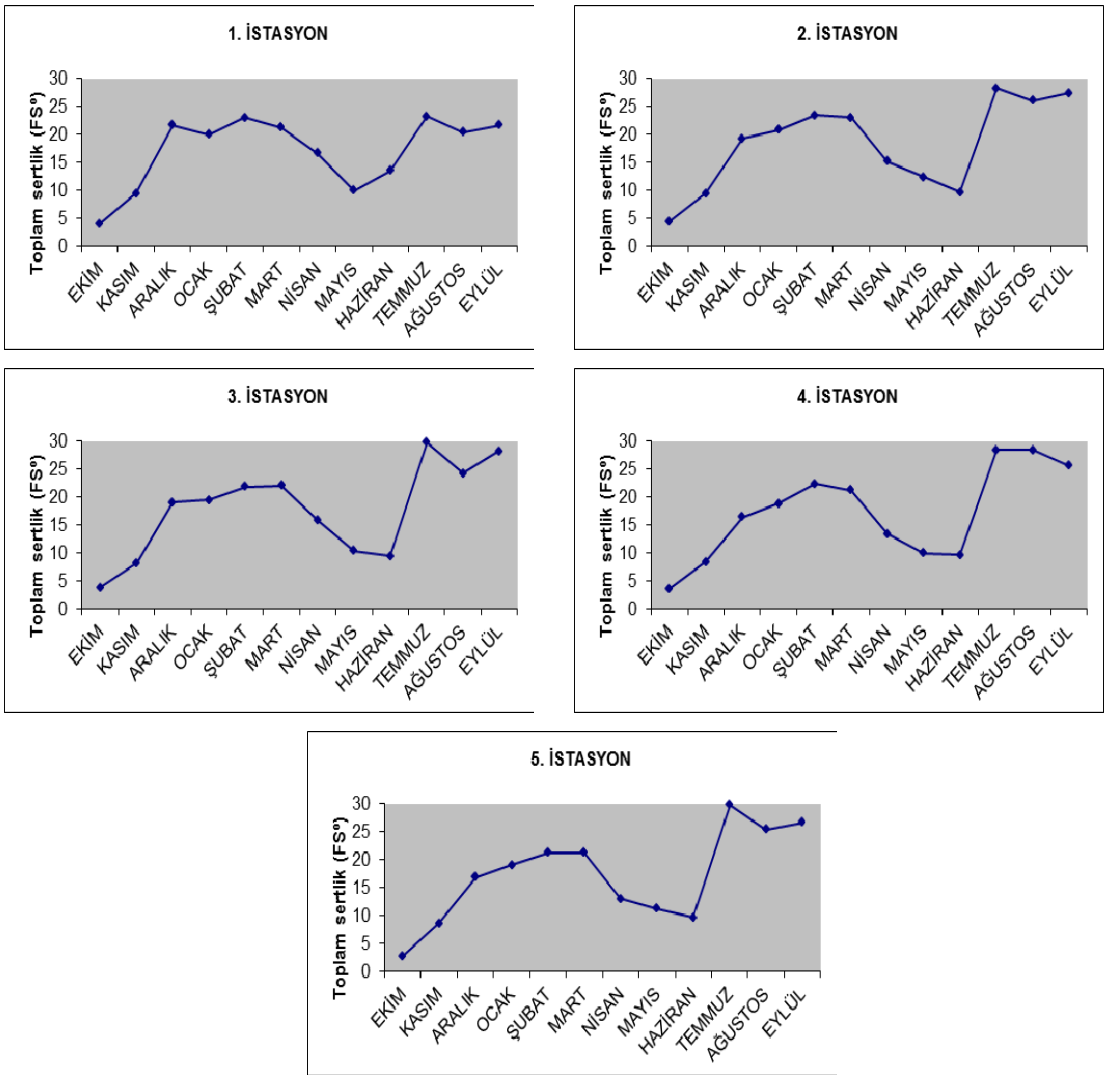
Tunca Nehri'nden seçilen toplam 5 istasyonda aylık periyotlarla 1 yıl boyunca (Ekim 2010-Eylül 2011) yapılan örneklemelerden elde edilen verilere göre, Kalsiyum miktarı en düşük 36.07 mg/L ile Mart ayında (4. istasyonda), en yüksek 76.95 mg/L ile Aralık ayında (1. istasyonda) ölçülmüştür (Şekil 4.2.10.).



Şekil 4.2.10. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Kalsiyum (mg/L) Değerleri

4.2.11. Toplam sertlik

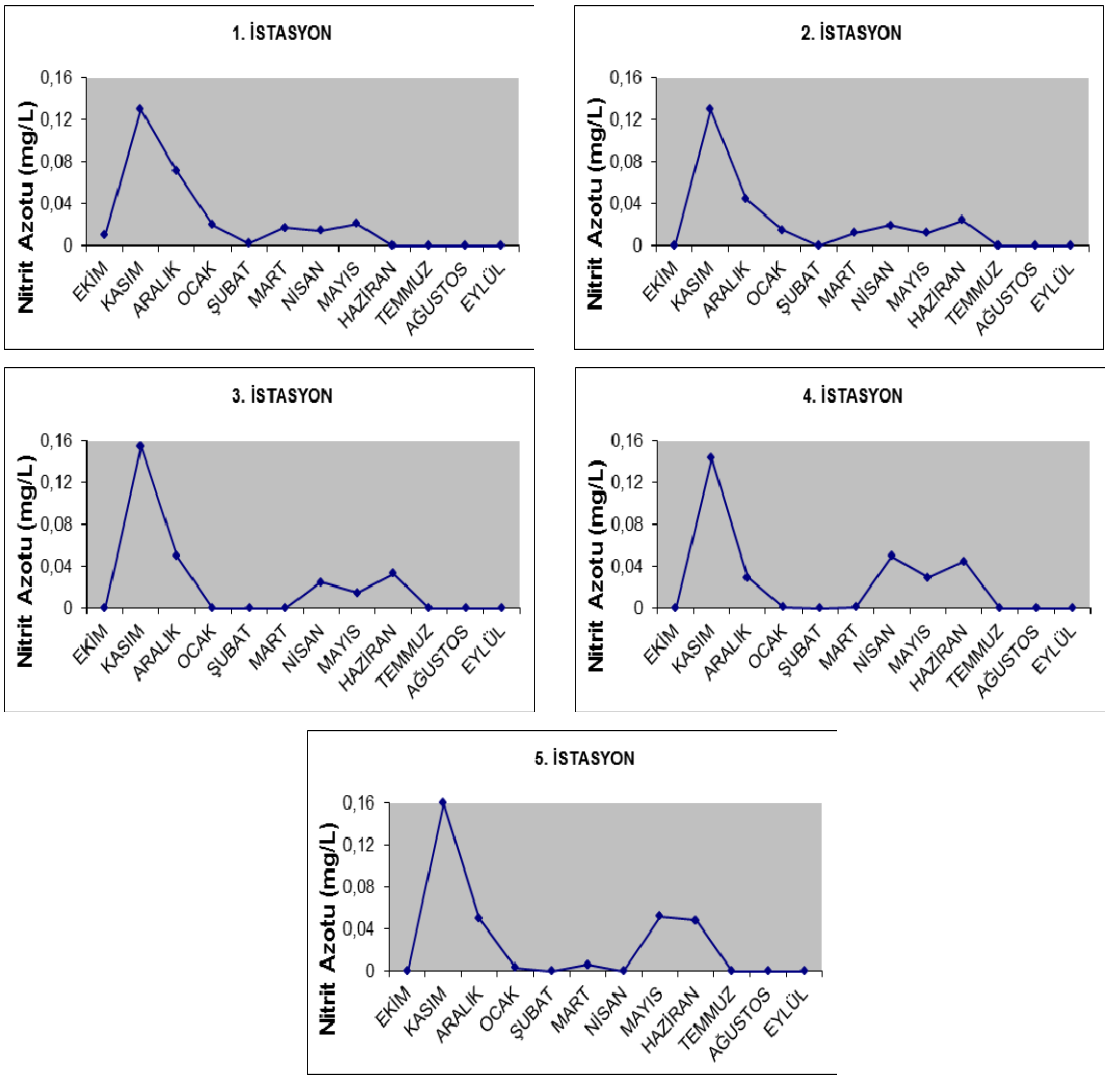
Tunca Nehri'nden seçilen toplam 5 istasyonda aylık periyotlarla 1 yıl boyunca (Ekim 2010-Eylül 2011) yapılan örneklemelerden elde edilen verilere göre, toplam sertlik en düşük 2.8 FSº ile Ekim ayında (5. istasyonda), en yüksek 29.8 FSº ile Temmuz ayında (3. ve 5. istasyonlarda) kaydedilmiştir (Şekil 4.2.11.).



Şekil 4.2.11. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Toplam Sertlik (FS°) Değerleri

4.2.12. Nitrit azotu (NO_2-N)

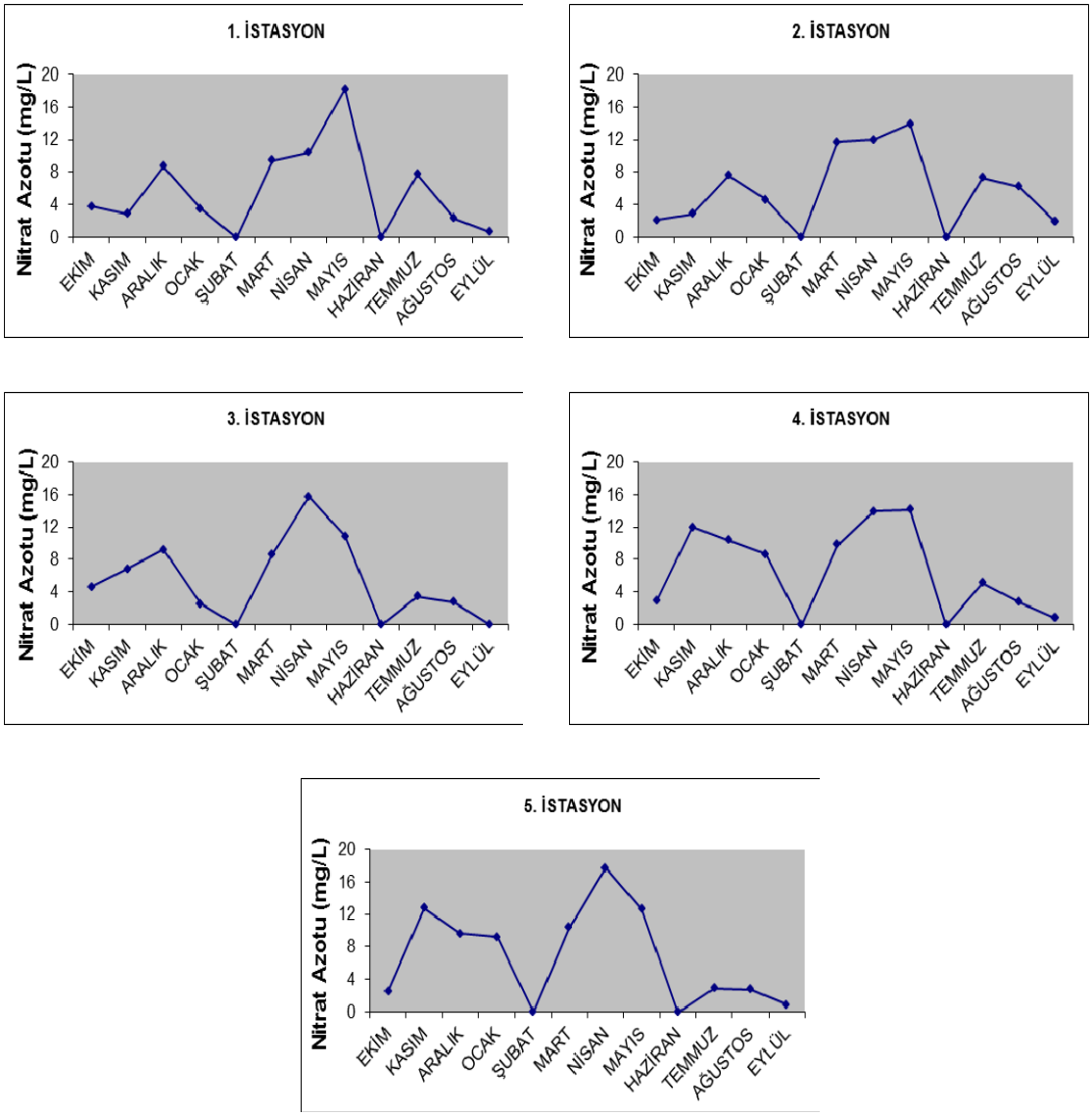
Tunca Nehri'nde**,** Nitrit azotu değerine en yüksek 0.154 mg/L ile Kasım ayında (3. istasyonda) rastlanmıştır. Ekim (2., 3., 4. ve 5. istasyonlar), Ocak (3. istasyon), Mart (3. istasyon), Nisan (5. istasyon), Haziran (1. istasyon), Temmuz (2., 3., 4. ve 5. istasyonlar), Ağustos (2., 3., 4. ve 5. istasyonlar) ve Eylül (2., 3., 4. ve 5. istasyonlar) aylarında yapılan örneklemelerde ise Nitrit azotuna rastlanmazken, Şubat ayında yapılan örneklemede, istasyonların hiçbirinde nitrit azotu kaydedilmemiştir (Şekil 4.2.12.).



Şekil 4.2.12. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Nitrit Azotu (mg/L)

4.2.13. Nitrat azotu (NO_3-N)

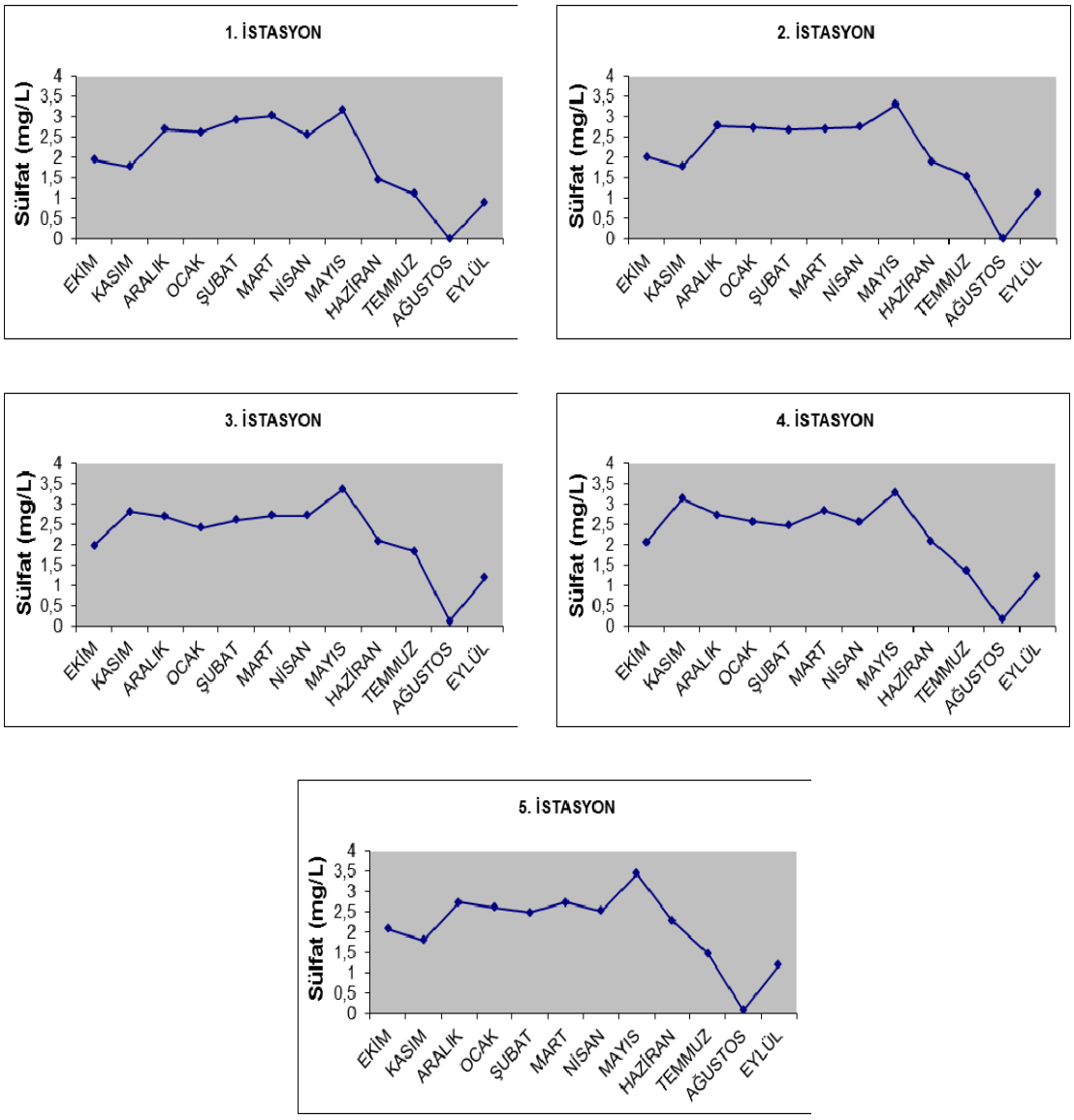
Tunca Nehri'nden seçilen toplam 5 istasyonda aylık periyotlarla 1 yıl boyunca (Ekim 2010-Eylül 2011) yapılan örneklemelerden elde edilen verilere göre, Nitrat azotu en yüksek 18.262 mg/L ile Mayıs ayında (1. istasyonda) ölçülmüştür. Eylül ayında (3. istasyonda) yapılan örneklemede Nitrat azotu değeri 0.000 olarak kaydedilmiştir. Şubat ve Haziran aylarında ise Nitrat azotuna, hiçbir örnekleme istasyonunda rastlanmamıştır (Şekil 4.2.13.).



Şekil 4.2.13. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Nitrat Azotu (mg/L)

4.2.14. Sülfat (SO_4^{-2})

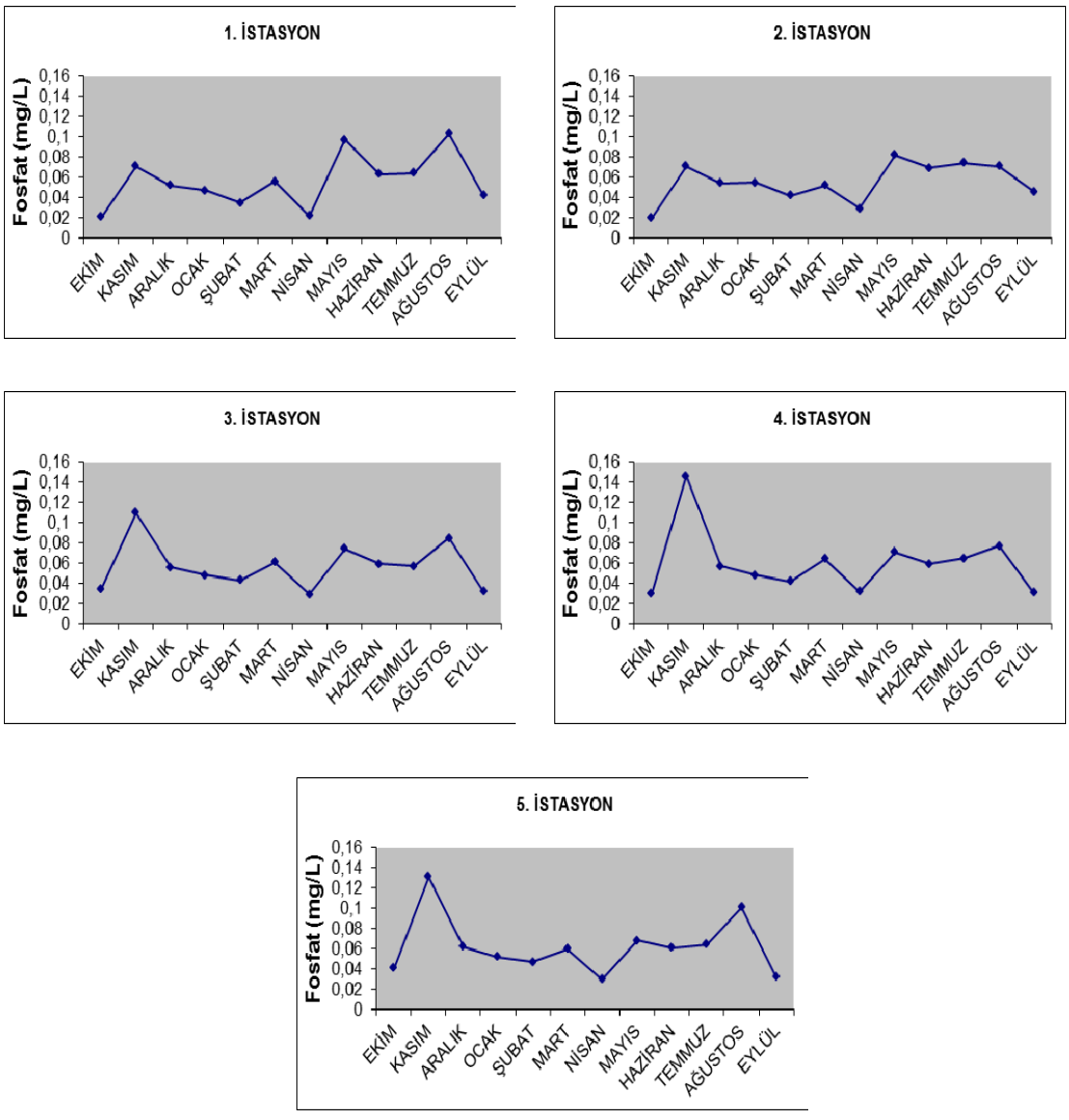
Tunca Nehri'nden seçilen toplam 5 istasyonda aylık periyotlarla 1 yıl boyunca (Ekim 2010-Eylül 2011) yapılan örneklemelerden elde edilen verilere göre, Sülfat değeri 0.000 mg/L'den (Ağustos ayında, 1. ve 2. istasyonlarda), en yüksek 3.438 mg/L'ye kadar (Mayıs ayında, 5. istasyonda) kaydedilmiştir (Şekil 4.2.14.).



Şekil 4.2.14. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Sülfat (mg/L) Değerleri

4.2.15. Fosfat (PO_4^{-3})

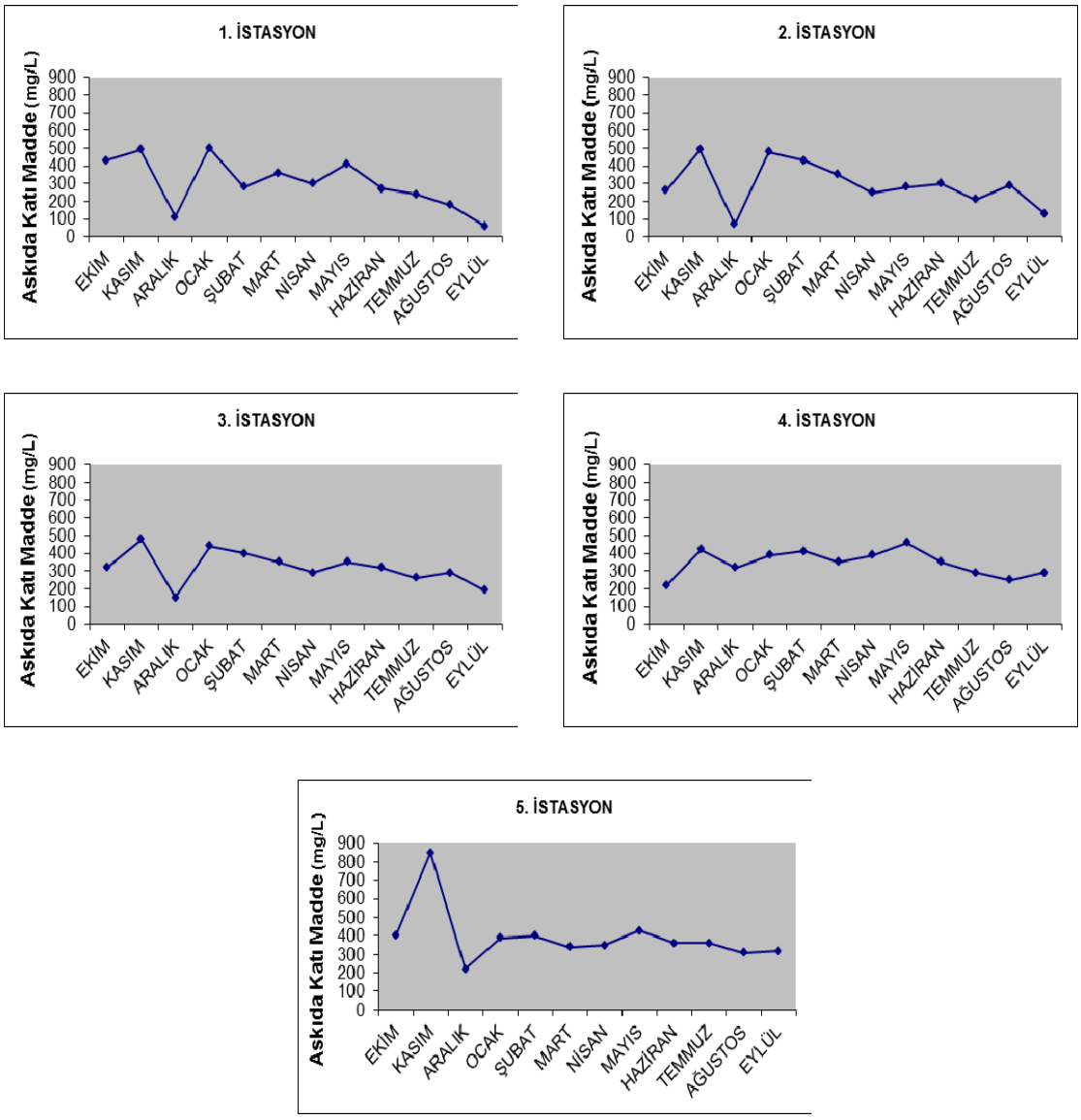
Tunca Nehri'nden seçilen toplam 5 istasyonda aylık periyotlarla 1 yıl boyunca (Ekim 2010-Eylül 2011) yapılan örneklemelerden elde edilen verilere göre, Fosfat miktarı en düşük 0.020 mg/L ile Ekim ayında (2. istasyonda), en yüksek 0.146 mg/L ile Kasım ayında (4. istasyonda) ölçülmüştür (Şekil 4.2.15.).



Şekil 4.2.15. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Fosfat (mg/L) Değerleri

4.2.16. Askıda katı madde (AKM)

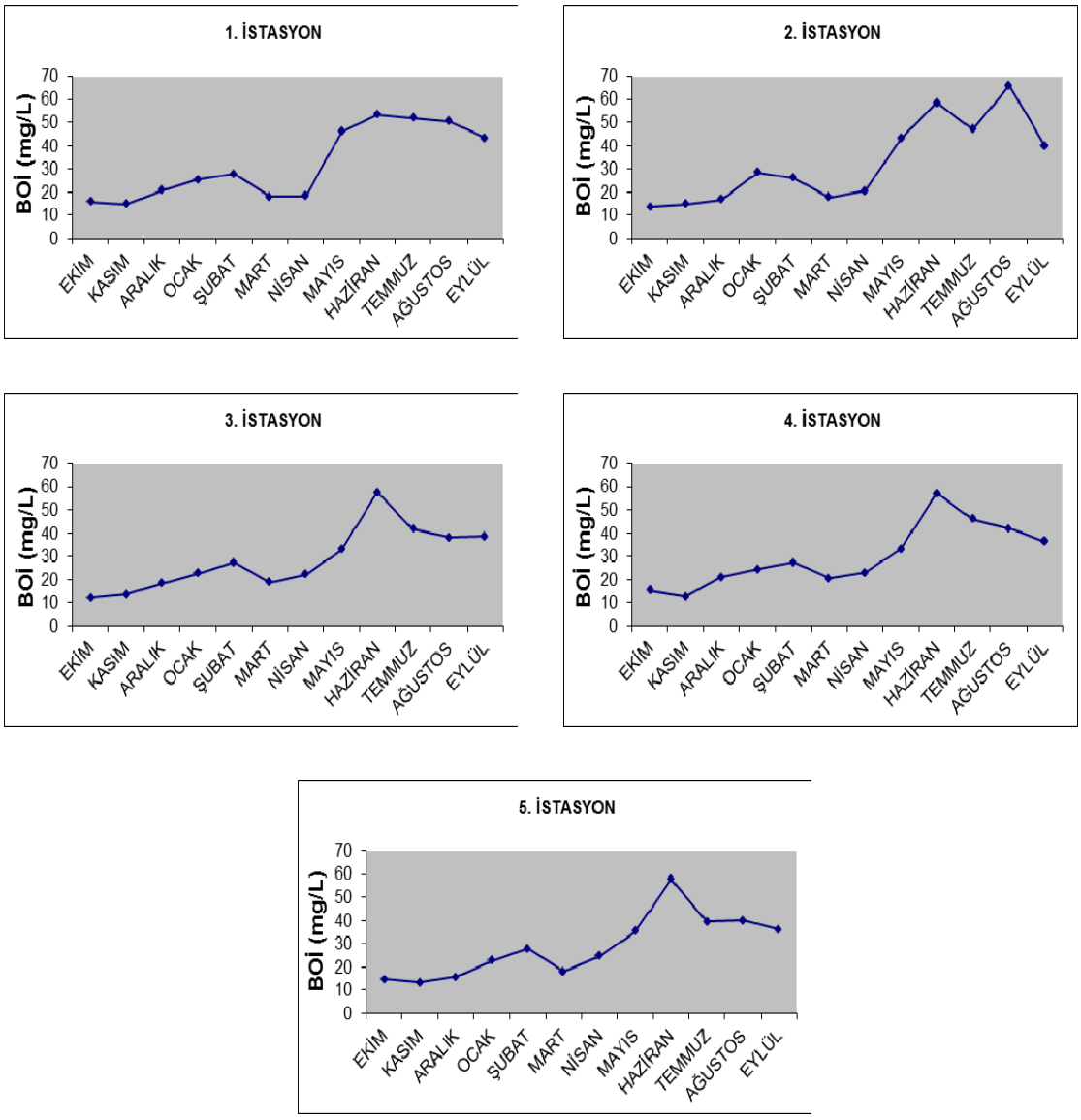
Tunca Nehri'nden seçilen toplam 5 istasyonda aylık periyotlarla 1 yıl boyunca (Ekim 2010-Eylül 2011) yapılan örneklemelerden elde edilen verilere göre, askıda katı madde miktarı en düşük 60 mg/L ile Eylül ayında (1. istasyonda), en yüksek 850 mg/L ile Kasım ayında (5. istasyonda) ölçülmüştür (Şekil 4.2.16.).



Şekil 4.2.16. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Askıda Katı Madde (mg/L) Miktarı

4.2.17. Biyolojik oksijen ihtiyacı ($BOİ_5$)

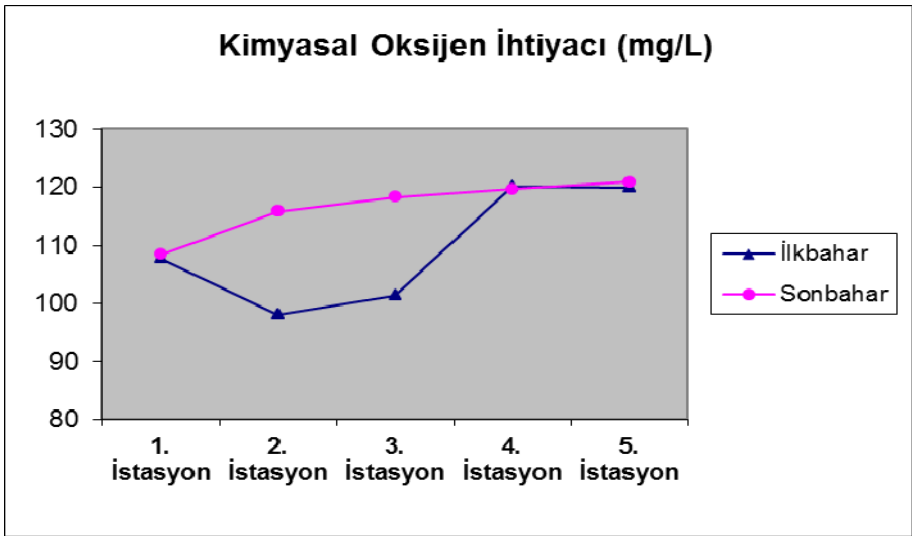
Tunca Nehri'nden seçilen toplam 5 istasyonda aylık periyotlarla 1 yıl boyunca (Ekim 2010-Eylül 2011) yapılan örneklemelerden elde edilen verilere göre, biyolojik oksijen ihtiyacı değeri en düşük 12.19 mg/L ile Ekim ayında (3. istasyonda), en yüksek 65.81 mg/L ile Ağustos ayında (2. istasyonda) ölçülmüştür (Şekil 4.2.17.).



Şekil 4.2.17. Tunca Nehri'nde Aylara ve İstasyonlara Göre Biyolojik Oksijen İhtiyacı (mg/L) Değerleri

4.2.18. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)

Tunca Nehri'nden seçilen toplam 5 istasyonda ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde yapılan örneklemelerden elde edilen verilere göre, kimyasal oksijen ihtiyacı değeri en düşük 98.09 mg/L ile ilkbahar mevsiminde (2. istasyonda), en yüksek 120.85 mg/L ile sonbahar mevsiminde (5. istasyonda) ölçülmüştür (Şekil 4.2.18.).



Şekil 4.2.18. Tunca Nehri'nde Mevsimlere ve İstasyonlara Göre Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/L) Değerleri

4.3. Ağır Metal Bulguları

Tunca Nehri'nde, çalışma periyodu içerisinde, nehir suyunun ve taban çamurunun bazı ağır metal (demir, bakır, çinko, kurşun, kadmiyum) içerikleri mevsimsel olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Söz konusu ağır metallerin analizlerine ait bulgular Tablo 4.3.1. ve Tablo 4.3.2.'de sunulmuştur.

4.3.1. Demir

Nehir suyunda en yüksek demir düzeyine 7.01 mg/L ile 5. istasyonda sonbahar mevsiminde rastlanmıştır. Sediment örneklerinde ise en yüksek demir oranı 689.80 mg/L ile 3. istasyonda sonbahar mevsiminde kaydedilirken, en düşük oran 13.40 mg/L ile 2. istasyonda kış mevsiminde kaydedilmiştir.

4.3.2. Bakır

Nehir suyunda en yüksek bakır düzeyine 0.20 mg/L ile 2. istasyonda ilkbahar mevsiminde rastlanmıştır. Sediment örneklerinde ise en yüksek oran 4.30 mg/L ile 2. istasyonda sonbahar mevsiminde kaydedilirken, en düşük oran 0.09 mg/L ile 1. ve 2. istasyonlarda yaz mevsiminde kaydedilmiştir.

4.3.3. Çinko

Nehir suyunda en yüksek çinko düzeyine 10.67 mg/L ile 4. istasyonda sonbahar mevsiminde rastlanırken, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde hiçbir istasyonda çinkoya rastlanmamıştır. Sedimentte ise en yüksek oran 24.26 mg/L ile 3. istasyonda sonbahar mevsiminde kaydedilirken, en düşük oran 0.23 mg/L ile 2. istasyonda yaz mevsiminde kaydedilmiştir.

4.3.4. Kurşun

Nehir suyunda en yüksek kurşun düzeyine 8.28 mg/L ile 2. istasyonda kış mevsiminde rastlanırken, en düşük değere 1.10 mg/L ile 1. istasyonda yaz mevsiminde rastlanmıştır. Sedimentte ise en yüksek oran 96.97 mg/L ile 4. istasyonda yaz mevsiminde kaydedilirken, en düşük oran 40.18 mg/L ile 1. istasyonda sonbahar mevsiminde kaydedilmiştir.

4.3.5. Kadmiyum

Tunca Nehri'nden seçilen örnekleme istasyonlarından mevsimsel olarak alınan tüm su ve sediment örneklerinin hiçbirinde kadmiyuma rastlanmamıştır.

Tablo 4.3.1. Tunca Nehri Su Örneklerinde İncelenen Bazı Ağır Metallere Ait Veriler

PERİYOT	İSTASYON	Fe (mg/L)	Cu (mg/L)	Zn (mg/L)	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)
Sonbahar	1. ist	4.43	**0.00**	1.43	6.16	**0.00**
	2. ist	3.44	0.08	1.06	6.12	**0.00**
	3. ist	0.82	0.18	0.47	6.71	**0.00**
	4. ist	2.54	**0.00**	**10.67**	7.06	**0.00**
	5. ist	**7.01**	0.12	1.82	7.36	**0.00**
Kış	1. ist	2.57	0.19	0.15	6.62	**0.00**
	2. ist	2.01	0.10	0.18	**8.28**	**0.00**
	3. ist	1.68	0.09	0.19	6.48	**0.00**
	4. ist	2.25	0.08	0.12	7.82	**0.00**
	5. ist	1.33	0.16	0.12	7.32	**0.00**
İlkbahar	1. ist	0.31	0.05	**0.00**	2.96	**0.00**
	2. ist	**0.00**	**0.20**	**0.00**	3.63	**0.00**
	3. ist	0.50	0.02	**0.00**	3.85	**0.00**
	4. ist	**0.00**	0.01	**0.00**	4.57	**0.00**
	5. ist	**0.00**	0.05	**0.00**	4.06	**0.00**
Yaz	1. ist	**0.00**	0.09	**0.00**	**1.10**	**0.00**
	2. ist	**0.00**	0.06	**0.00**	1.62	**0.00**
	3. ist	**0.00**	0.04	**0.00**	1.74	**0.00**
	4. ist	**0.00**	0.04	**0.00**	2.26	**0.00**
	5. ist	**0.00**	0.03	**0.00**	2.50	**0.00**

Tablo 4.3.2. Tunca Nehri Taban Çamur (Sediment) Örneklerinde İncelenen Bazı Ağır Metallere Ait Veriler

PERİYOT	İSTASYON	Fe (mg/g)	Cu (mg/g)	Zn (mg/g)	Pb (mg/g)	Cd (mg/g)
Sonbahar	1. ist	176.46	2.08	3.12	**40.18**	**0.00**
	2. ist	126.22	**4.30**	3.72	43.08	**0.00**
	3. ist	**689.80**	2.78	**24.26**	57.46	**0.00**
	4. ist	258.20	3.12	4.92	54.56	**0.00**
	5. ist	251.60	2.88	5.22	45.02	**0.00**
Kış	1. ist	24.54	1.46	1.02	54.92	**0.00**
	2. ist	**13.40**	2.54	4.74	55.20	**0.00**
	3. ist	223.00	1.62	9.02	93.28	**0.00**
	4. ist	187.64	3.36	2.38	56.14	**0.00**
	5. ist	404.20	2.86	4.86	60.84	**0.00**
İlkbahar	1. ist	96.90	0.42	0.35	51.02	**0.00**
	2. ist	209.57	0.36	1.22	58.80	**0.00**
	3. ist	247.40	0.63	1.42	58.82	**0.00**
	4. ist	171.67	0.61	1.53	58.92	**0.00**
	5. ist	259.00	0.99	2.78	65.92	**0.00**
Yaz	1. ist	15.10	**0.09**	0.30	83.62	**0.00**
	2. ist	17.30	**0.09**	**0.23**	88.90	**0.00**
	3. ist	233.75	1.01	2.22	86.67	**0.00**
	4. ist	148.15	0.86	1.42	**96.97**	**0.00**
	5. ist	153.07	0.69	1.39	94.80	**0.00**

4.4. İstatistiksel Bulgular

Tunca Nehri'nde ölçülen fiziksel ve kimyasal parametrelerin (kimyasal oksijen ihtiyacı ve ağır metaller hariç), toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı üzerindeki etkilerinin istatistiksel açıdan belirlenmesi amacıyla, Spearman Korelasyon indeksinden yararlanılmıştır. İndeks için kullanılan veriler, fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının ve TMAB sayılarının aylık ve mevsimsel ortalamalarının alınmasıyla elde edilmişlerdir. Buna göre, aylık olarak değerlendirilen istatistiksel analiz sonuçlarına göre,

- Ekim ayında TMAB yoğunluğu ile çözünmüş oksijen ($r= -0.894$, $p<0.05$) ve hidrojen sülfür ($r= -0.975$, $p<0.01$) değerleri arasında negatif korelasyon olduğu,
- Kasım ayında TMAB yoğunluğu ile fosfat ($r=0.975$, $p<0.01$) miktarı arasında pozitif korelasyon; çözünmüş oksijen ($r= -0.949$, $p<0.05$) ve biyolojik oksijen ihtiyacı ($r= -0.975$, $p<0.01$) değerleri arasında negatif korelasyon olduğu,
- Aralık ayında TMAB yoğunluğu ile fosfat ($r=0.900$, $p<0.05$) miktarı arasında pozitif korelasyon; kalsiyum ($r= -1.000$, $p<0.01$) değeri arasında negatif korelasyon olduğu,
- Nisan ayında TMAB yoğunluğu ile askıda katı madde ($r=0.900$, $p<0.05$) ve hava sıcaklığı ($r= 0.894$, $p<0.05$) değerleri arasında pozitif korelasyon olduğu,
- Mayıs ayında TMAB yoğunluğu ile çözünmüş oksijen ($r= -0.894$, $p<0.05$) ve biyolojik oksijen ihtiyacı ($r= -0.900$, $p<0.05$) değerleri arasında negatif korelasyon olduğu,
- Haziran ayında TMAB yoğunluğu ile pH ($r= -0.900$, $p<0.05$) ve toplam sertlik ($r= -0.894$, $p<0.05$) değerleri arasında negatif korelasyon olduğu,
- Temmuz ayında TMAB yoğunluğu ile fosfat ($r=0.975$, $p<0.01$) miktarı arasında pozitif korelasyon olduğu,
- Ağustos ayında TMAB yoğunluğu ile hava sıcaklığı ($r=0.975$, $p<0.01$), elektrik iletkenliği ($r=1.000$, $p<0.01$) ve sülfat ($r=0.975$, $p<0.01$) değerleri arasında pozitif korelasyon olduğu,
- Eylül ayında TMAB yoğunluğu ile askıda katı madde ($r=0.900$, $p<0.05$) ve sülfat ($r=0.900$, $p<0.05$) miktarları arasında pozitif korelasyon; pH ($r= -1.000$, $p<0.01$) ve

biyolojik oksijen ihtiyacı (r= -0.900, $p<0.05$) değerleri arasında negatif korelasyon olduğu saptanmıştır.

Tunca Nehri'nde saptanan toplam mezofilik aerobik bakterilerin mevsimsel olarak dağılımlarında, çevresel faktörlerin etkilerinin olup olmadığının değerlendirilebilmesi amacıyla nehirde ölçülen fiziksel ve kimyasal verilerle, TMAB sayılarının mevsimsel olarak ortalamaları alındıktan sonra uygulanan Spearman korelasyon indeksine göre,

- Sonbahar mevsiminde TMAB yoğunluğu ile su sıcaklığı (r=0.576, $p<0.05$), hava sıcaklığı (r=0.533, $p<0.05$) ve magnezyum (r=0.533, $p<0.05$) değerleri arasında pozitif korelasyon; pH (r= -0.699, $p<0.01$) değeri arasında ise negatif korelasyon olduğu,
- Kış mevsiminde TMAB yoğunluğu ile nitrat azotu (r=0.575, $p<0.05$) ve fosfat (r=0.751, $p<0.01$) miktarı arasında pozitif korelasyon; toplam sertlik (r= -0.740, $p<0.01$) değerleri arasında negatif korelasyon olduğu,
- İlkbahar mevsiminde TMAB yoğunluğu ile su sıcaklığı (r=0.571, $p<0.05$) değeri arasında pozitif korelasyon; pH (r= -0.651, $p<0.01$) ve toplam sertlik (r= -0.572, $p<0.05$) değerleri arasında negatif korelasyon olduğu,
- Yaz mevsiminde TMAB yoğunluğu sülfat (r=0.515, $p<0.05$) değerleri arasında pozitif korelasyon olduğu görülmektedir.

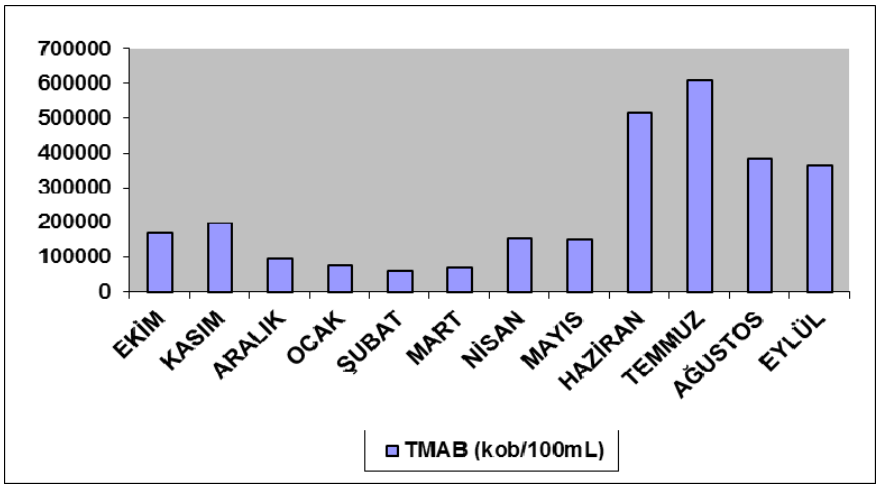
Toplam koliform, fekal koliform ve *E. coli* bakteri sayıları EMS yöntemi ile belirlenmiş olduğundan, bazı veriler ''<'' veya ''>'' olarak değerlendirilebilmiştir. Bu nedenle toplam koliform, fekal koliform ve *E. coli* bakteri sayılarına ait veriler istatistiksel analize uygun olmadıkları için, istatistiksel değerlendirmelere alınamamışlardır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, Tunca Nehri'nin Türkiye sınırlarına girdiği yerden itibaren, Meriç Nehri'yle birleştiği yere kadar olan segmenti üzerinden seçilen toplam 5 istasyonda, 1 yıl boyunca (Ekim 2010-Eylül 2011) aylık periyotlarla yapılan bakteriyolojik, fiziksel ve kimyasal örneklemelerin sonuçları değerlendirilmiştir.

Buna göre, Tunca Nehri'nde yapılan bakteriyolojik analizler sonucunda **TOPLAM MEZOFİLİK AEROBİK BAKTERİ** (TMAB) sayılarının nehrin geneli itibariyle maksimum $1.0x10^6$ kob/100 mL, minimum ise $3.6x10^4$ kob/100 mL olduğu kaydedilmiştir. TMAB sayılarının aylık ortalama değerleri göz önüne alındığında, Temmuz ayında $6.08x10^5$ kob/100 mL ile en yüksek aylık ortalama değer kaydedilmiştir (Şekil 5.1.). Mevsimler açısından değerlendirildiğinde ise özellikle yaz ve sonbahar mevsimlerinde toplam mezofilik aerobik bakteri sayılarındaki artış dikkat çekmektedir (Şekil 5.1.). Bunun sebebi de yaz aylarında su sıcaklığındaki artış ve debinin düşmesi, sonbahar mevsiminde ise yağışlarla birlikte akarsuya karışan organik madde miktarının artması ile açıklanabilir (Elmacı ve ark., 2008; Mishra ve ark., 2009; Saha ve ark., 2009; Bulut ve ark., 2010). Örnekleme istasyonlarının yıllık ortalama TMAB sayıları göz önüne alındığında, maksimum değer $2.93x10^5$ ile 4. istasyonda, en yüksek ikinci değer ise $2.92x10^5$ ile 5. istasyonda kaydedilmiş olup, en düşük değer $1.32x10^5$ ile 1. istasyonda kaydedilmiştir.

Tunca Nehri'nde daha önce yapılan çalışmalarda toplam mezofilik aerobik bakterilere ait herhangi bir veriye rastlanmamış olduğundan, elde ettiğimiz verilerde zaman içerisinde nasıl bir değişim olduğu konusunda herhangi bir yorum yapılamamıştır.



Şekil 5.1. Tunca Nehri'nde Ölçülen TMAB Sayılarının Aylık Ortalama Değerleri

Yüzeysel sulardaki **TOPLAM KOLİFORM BAKTERİ** sayısı, suyun kirlenme derecesinin ve mikrobiyolojik kalitesinin önemli bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Elmacı ve ark., 2008). Koliform grup bakteriler, Enterobacteriaceae familyası içinde yer alan, 35-37ºC'de 24-48 saat içinde laktozdan asit ve gaz oluşturan fakültatif anaerob, gram negatif bakterilerdir (Çakır, 2000). Koliform grubu mikroorganizmalar arasında, bitki ve toprak kökenli olanlar bulunduğu gibi, doğada sadece insanların ve sıcakkanlı hayvanların barsak sistemlerinde bulunan, dışkı kökenli olan ve "fekal koliform" olarak adlandırılan mikroorganizma grupları da bulunmaktadır.

Tunca Nehri'nde belirlenen toplam 5 istasyonun aylık değerleri göz önüne alındığında toplam koliform bakteri sayısı, en yüksek $>1.1x10^7$ EMS/100 mL ile 4. istasyonda (Temmuz ayında), en düşük $<3.0x10^2$ EMS/100 mL ile 1. istasyonda (Kasım, Mart, Mayıs, Ağustos ve Eylül aylarında) kaydedilmiştir. Toplam koliform bakteri sayıları istasyonlara göre değerlendirildiğinde, 4. istasyonda (Temmuz ayında) ve 5. istasyonda (Kasım, Nisan ve Mayıs aylarında) diğer istasyonlara göre daha fazla bir artış olduğu görülmektedir (Tablo 4.1.7.). Özellikle 4. istasyonda Temmuz ayında kaydedilen bakteri yoğunluğundaki bu artış, nehir çevresinde bulunan tarım alanlarından yüzeysel akış ile nehir içerisine fekal kaynaklı olmayan (bitki ve toprak kökenli) koliform bakteri girişiyle açıklanabileceği gibi, 5. istasyonda Kasım, Nisan ve

Mayıs aylarındaki artışın sebebinin fekal kaynaklı deşarja bağlı olduğu düşünülebilir. Çünkü, 5. istasyonda Kasım, Nisan ve Mayıs aylarında rastlanan fekal koliform bakteri yükünde de belirgin bir artış gözlenmiştir. Nitekim, özellikle 4. istasyon civarında nehre verilmeye başlanan deşarjların etkilerinin, nehir akışına da bağlı olarak 5. istasyonda gözlemlenebileceği öngörülmektedir. Benzer bir durum, Toroğlu ve ark. (2006) tarafından Aksu Çayı'nda da kaydedilmiş ve bunun sebebinin hayvansal dışkı ve mezbaha atıklarının suya karışması olduğu belirtilmiştir.

Ayrıca, 1. istasyonda (Ekim, Şubat aylarında), 2. istasyonda (Ocak, Mart, Temmuz aylarında), 3. istasyonda (Kasım, Aralık, Şubat, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül aylarında), 4. istasyonda (Ocak, Mart, Temmuz aylarında) ve 5. istasyonda (Temmuz, Ağustos aylarında) toplam koliform bakteri sayıları; fekal koliform ve *E. coli* sayılarından daha yüksek olduğu için, bu istasyonlarda belirtilen aylarda, dışkı kökenli bakteriler dışında da koliform bakterilerin varlığından söz edilebilir.

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre, kıta içi yüzeysel sular, bakteriler açısından değerlendirildiğinde, yüksek kaliteli su, az kirlenmiş su, kirli su ve çok kirlenmiş su olarak 4 sınıfa ayrılmıştır (SKKY, 2004). Buna göre, belirlenen sınıflardaki toplam koliform bakteri sayıları sırasıyla 100 EMS/100mL, 20000 EMS/100mL, 100000 EMS/100mL ve >100000 EMS/100mL'dir. Söz konusu bu kalite değerleri göz önüne alındığında, Tunca Nehri'nin 4. sınıf kaliteye daha yakın olduğu görülmektedir.

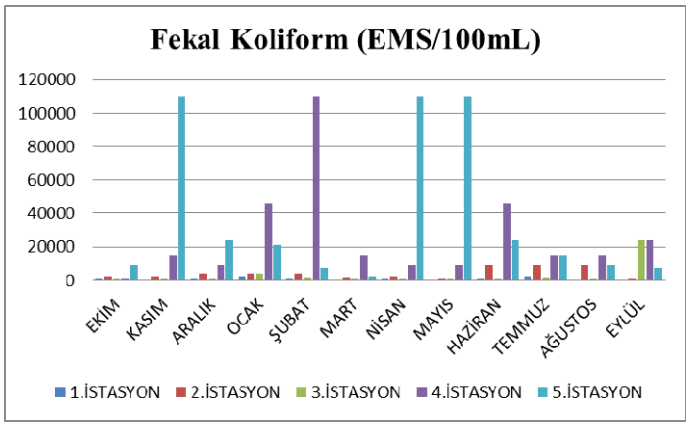
Tunca Nehri'nin Türkiye segmentinde şimdiye dek yapılan çalışmalarda toplam koliform bakteriye ait herhangi bir veriye rastlanmamıştır. Bu nedenle, bu çalışmada elde edilen verilerde zaman içerisindeki değişimleri konusunda bir şey söylemek mümkün değildir.

FEKAL KOLİFORMLAR, koliform bakteriler grubunun bir alt grubu olup, doğada sadece sıcakkanlı hayvanların barsak sistemlerinde bulunurlar. Fekal koliform bakteriler, 44.5ºC'de 24 saat içinde laktozdan asit ve gaz oluşturan mikroorganizma gruplarıdır (Unat, 1997).

Tunca Nehri'nde yapılan analizler sonucunda elde edilen verilere göre, en yüksek fekal koliform bakteri sayısı $1.1x10^5$ EMS/100 mL ile 4. istasyonda (Şubat ayında) ve 5. istasyonda (Kasım, Nisan, Mayıs aylarında) kaydedilirken, en düşük fekal koliform bakteri sayısı ise $<3.0x10^2$ EMS/100 mL ile 1. istasyonda (Kasım, Mart, Mayıs, Ağustos ve Eylül aylarında) kaydedilmiştir. Fekal kirliliğin nispeten düşük gözüktüğü 1. istasyon şehirsel kirlenmenin başladığı yerden daha yukarıda bulunması itibariyle, fekal kirlenmeyi sağlayan nedenler diğer istasyonlara oranla daha az olduğundan, fekal kirlilik daha az görülmektedir. Nitekim 1. istasyondan itibaren nehir, dört köyün (Suakacağı, Hatipköy, Yolüstü, Değirmenyeni) içinden geçmekte, 4. istasyon yerleşim yeri kanalizasyonunu, 5. istasyon ise hem şehrin hem de nehir kenarındaki atölyelerin atıklarını aldığından, şehir merkezine yakın kaynaklarda fekal koliform bakteri sayılarının yüksek oluşu bu ihtimali kuvvetlendirmektedir (Şekil 5.2.). Nehir kenarındaki hayvan çiftliklerinden ve atölyelerin atıklarından kaynaklanan fekal koliform bakteri sayılarındaki belirgin artış, Niewolak ve Golas (2000) tarafından, Sawica ve Omulew nehirlerinde de kaydedilmiştir. Su örneklerinde belirlenen fekal koliform bakteri sayıları, nehirde kanalizasyondan kaynaklanan fekal kirliliğin mevcut olduğunu, sayılarının mevsimler arasında belirgin farklılıklar göstermemesi de Tunca Nehri'nin fekal kontaminasyona yıl boyunca maruz kaldığını akla getirmektedir (Toroğlu ve ark., 2006).

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre kıta içi yüzeysel sularda istenen fekal koliform bakteri sayıları, yüksek kaliteli su için 10 EMS/100mL, az kirlenmiş su için 200 EMS/100mL, kirli su için 2000 EMS/100mL ve çok kirlenmiş su için >2000 EMS/100mL şeklinde verilmiştir (SKKY, 2004). Fekal koliform bakteri yükü açısından Tunca Nehri geneli itibariyle, SKKY (2004)'e göre, 4. sınıf yani çok kirlenmiş su olarak kaydedilmiştir.

Öterler (2003) tarafından Tunca Nehri'nde yapılan çalışmada, nehir suyundaki fekal koliform bakteri sayısı genel olarak bütün istasyonlarda $>1.6x10^3$ EMS/100mL şeklinde verilmiş ve fekal koliform bakteri açısından nehrin kirli olduğu açıkça belirtilmiştir. Çalışmamızda elde edilen veriler de bu sonucu doğrular niteliktedir.



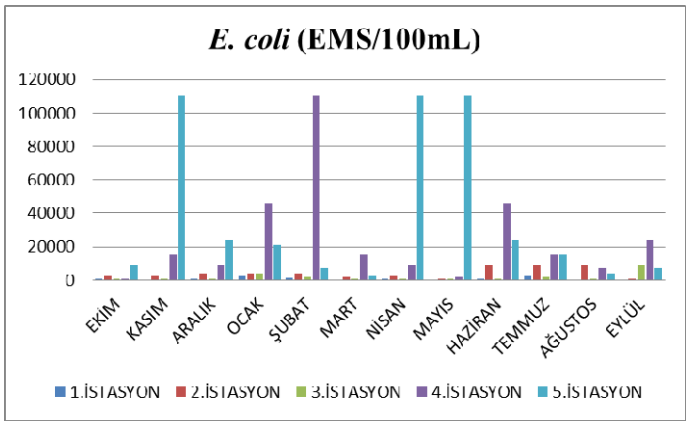
Şekil 5.2. Tunca Nehri'nde Örnek Alma İstasyonlarındaki Fekal Koliform Bakteri Sayıları

Koliform grup içinde fekal koliform olarak tanımlanan bakterilerin büyük çoğunluğunun, ***Escherichia coli***'ye ait olduğu bilinmektedir. İçme ve kullanma sularının bakteriyolojik yönden kalitesini ve güvenilirliğini anlamak için 'indikatör' mikroorganizmaların aranması daha pratiktir. Fekal kontaminasyonun belirticisi olarak en çok fekal koliform grubu, özellikle de *E. coli* aranır (Balcı, 2007). Herhangi bir numunede *E. coli*'ye rastlanması, oraya doğrudan ya da dolaylı olarak dışkı bulaştığının göstergesidir (Halkman, 2005).

Çalışma süresince saptanan, Tunca Nehri'ne ait analiz sonuçları incelendiğinde, en yüksek *E. coli* sayısı $1.1x10^5$ EMS/100 mL ile 4. istasyonda (Şubat ayında) ve 5. istasyonda (Kasım, Nisan, Mayıs aylarında) kaydedilirken, en düşük *E. coli* sayısı $<3.0x10^2$ EMS/100 mL ile 1. istasyonda (Kasım, Mart, Mayıs, Ağustos ve Eylül aylarında) kaydedilmiştir. Buna göre, nehrin Türkiye sınırlarına girmeden önceki bölgesinden (1. istasyondan) alınan nehir suyu örneklerinin diğer örneklere göre daha düşük sayıda *E. coli* içerdiği ve kent çıkışında (5. istasyonda) kontaminasyonun en yüksek düzeye ulaştığı görülmektedir (Şekil 5.3.). Nehirde belirlenen toplam 5 istasyonda *E. coli* bakteri sayısının aylara göre değişimi incelendiğinde ise, 4. istasyonda Şubat ayında, 5. istasyonda Kasım, Nisan ve Mayıs aylarında atıksu deşarjlarına bağlı olarak, diğer istasyonlardan farklı bir artış olduğu görülmektedir. 4. istasyonda gözlenen bu durumun yerleşim yeri kanalizasyonundan, 5. istasyonda ise

hem şehrin hem de nehir çevresinde bulunan atölyelerin atıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tunca Nehri'nde daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde, sadece Öterler (2003) tarafından yapılan çalışmada nehirde *E. coli* varlığından söz edilmiş, ancak bu çalışmalardan hiçbirinde *E. coli* bakteri sayısına ait herhangi bir veriye rastlanmamıştır.



Şekil 5.3. Tunca Nehri'nde Örnek Alma İstasyonlarındaki *E. coli* Bakteri Sayıları

Kıta içi su kaynakları, doğal yapılarında belirli oranlarda mikroorganizma içeriğine sahiptirler (Çolakoğlu ve Çakır, 2004). Kıta içi su kaynaklarının doğal mikroflorası, çeşitli çevresel faktörlerin etkisi altında olup, bu fiziksel ve kimyasal faktörler mikrofloranın kalitatif ve kantitatif yapısında çeşitli etkilere sahiptir (Çolakoğlu ve Çakır, 2004). Çalışmamızda, suların doğal yapılarında bulunan toplam mezofilik aerobik bakteri sayılarıyla, nehirde ölçülen bazı fiziksel ve kimyasal parametreler arasında anlamlı ilişkiler saptanmış ve bunlar istatistiksel olarak da desteklenmiştir. Ayrıca bu verilere ait bulgular aşağıdaki metinde tartışılmıştır. Ancak, kıta içi su kaynaklarının doğal yapısında bulunmayan, toprak kökenli olan ve/veya insan ve sıcakkanlı hayvanların barsak mikroflorasında doğal olarak bulunan bakteriler, organik atıklarla birlikte, suların mikroorganizma yükünü arttırmaktadır. Dolayısıyla çalışmamızda toplam koliform, fekal koliform ve *E. coli* bakteri sayılarına ait verilerin

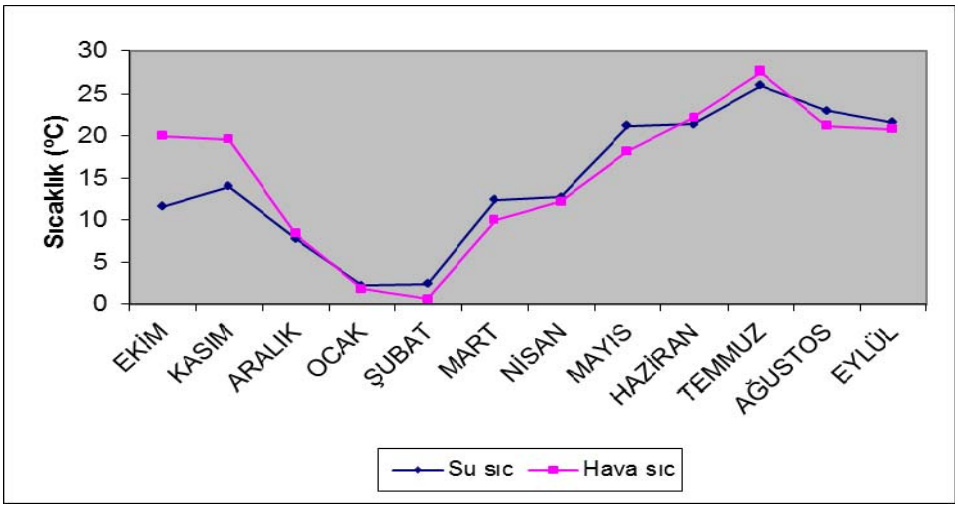
çevresel faktörlerle ilişkilendirilmesi bu anlamda oldukça güçtür. Bu nedenle, bunlara ait veriler aşağıdaki metinlerde sadece söz konusu bakteri sayılarındaki artış ve azalışların sebepleri şeklinde açıklanmıştır.

SICAKLIK, suyun vizkozitesine ve yoğunluğuna etki eden en önemli parametre olmakla birlikte, sucul ortamda meydana gelen biyokimyasal tepkimelerin hızını etkilemesi açısından da büyük öneme sahiptir (Taş, 2010). Canlılar, farklı sıcaklıklarda farklı spesifik büyüme oranı göstermektedir. Belirli sıcaklığın altında ve/veya üzerindeki değerlerde, canlı gelişimi azalmakta ve hücre yapılarının bozulduğu gözlenmektedir (Koru ve Cirik, 2003). Akarsularda sıcaklık değerleri iklime, akarsuyun bulunduğu bölgenin yüksekliğine, nehir yatağının genişlik ve derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte, çevresel girdilerden de büyük oranda etkilenebilmektedir. Ayrıca akarsuyun sıcaklığı, akarsuyun taşıdığı su miktarına bağlı olup, akarsuya karışan atık sularının miktarıyla ve bu suların akarsuda taşındığı mesafe ile de ilişkilidir (Toroğlu ve ark., 2006).

Bu çalışmada, Tunca Nehri'nin su sıcaklığı değerleri incelendiğinde, yıl boyunca mevsimlerin gerektirdiği şekilde dönemsel olarak azalıp arttığı gözlenmiştir. Çalışma periyodu boyunca ölçülen en yüksek su sıcaklığı değeri 27ºC ile Temmuz ayında (5. istasyon), en düşük değer ise 2ºC ile Ocak (1., 2., 3. ve 4. istasyonlar) ve Şubat (1., 2. ve 4. istasyonlar) aylarında ölçülmüştür. Değerlerin SKKY (2004)'nin belirlediği kıta içi su kaynaklarına ait standart değerleri aşmadığı gözlenmiştir.

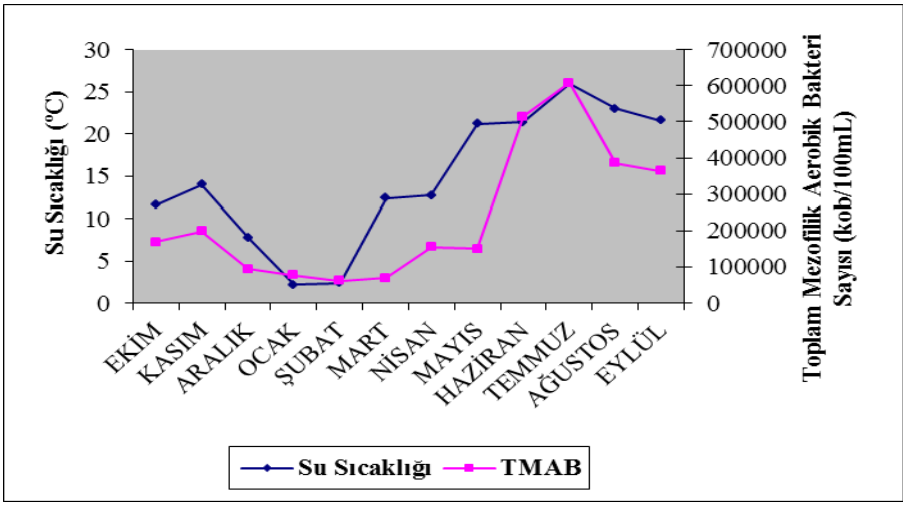
Çalışmada elde edilen su sıcaklığına ait değerler, Kavaz (1997), Uluçam (1997) ve Öterler (2003)'in Tunca Nehri'nde daha önce yapmış oldukları çalışmalardaki verileriyle paralellik göstermiştir.

Örnekleme periyodu içerisinde ölçülen en yüksek hava sıcaklığı değeri ise, 29ºC ile Temmuz ayında (5. istasyon), en düşük -1ºC ile Ocak (1. istasyon) ve Şubat (1. ve 2. istasyonlar) aylarında kaydedilmiştir. Ayrıca hava ve su sıcaklıklarının Tunca Nehri'nde gerçekleştirilen örnekleme dönemi boyunca birbirlerine paralel olarak seyrettikleri gözlenmiştir (Şekil 5.4.).



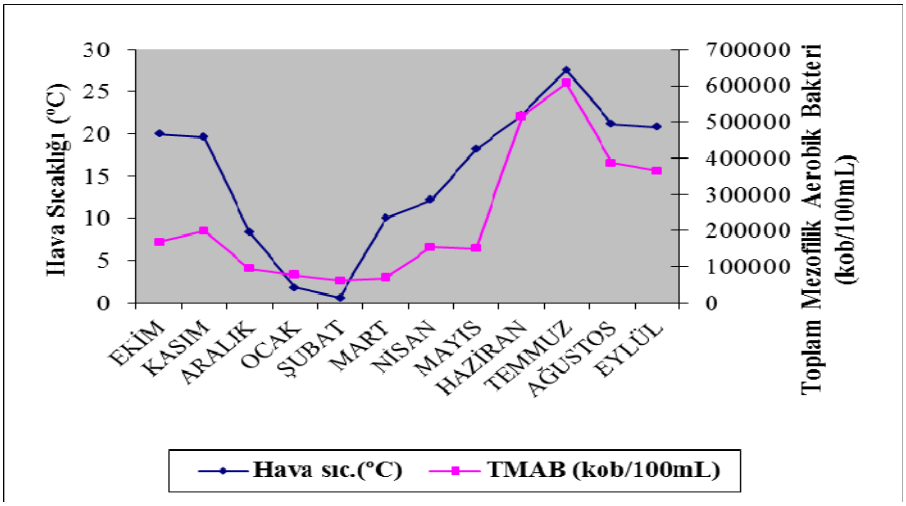
Şekil 5.4. Tunca Nehri'nde Su Sıcaklığı ve Hava Sıcaklığı Değerlerinin Aylık Değişimleri

Su sıcaklığının mezofilik bakteriler üzerine etkilerinin olduğu bilinmektedir (Niewolak ve Golas 2000; Hunt ve Sarıhan, 2004; Sabae ve Rabeh, 2007, Bulut ve ark., 2010). Yapılan çalışmalarda, bakteri sayıları ile su sıcaklığı arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu bildirilir. Çalışmamızda da, su sıcaklığı değerinin toplam mezofilik bakteri sayısı ile doğru orantılı olarak arttığı/azaldığı saptanmıştır (Şekil 5.5.). Ayrıca, toplam mezofilik aerobik bakteri sayılarının su sıcaklığıyla herhangi bir ilişkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analizler de bulgularımızı desteklemektedir. Buna göre, su sıcaklığı değeriyle TMAB sayıları arasında pozitif bir korelasyon saptanmıştır (sonbahar mevsiminde $r=0.576$, $p<0.05$; ilkbahar mevsiminde $r=0.571$, $p<0.05$).



Şekil 5.5. Tunca Nehri'nde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı ile Su Sıcaklığı Değerlerinin Aylık Değişimi

Elde ettiğimiz veriler, hava sıcaklığı ile toplam mezofilik bakteri sayısı arasında da doğru orantı olduğunu göstermektedir (Şekil 5.6.). Hava sıcaklığı değerlerinin TMAB sayıları bakımından herhangi bir ilişkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analizler bulgularımızı destekler niteliktedir. Spearman korelasyonuna göre hava sıcaklığı değeriyle toplam mezofilik bakteri sayıları arasında pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır (Nisan ayında $r=0.894$ $p<0.05$; Ağustos ayında $r=0.975$, $p<0.01$; sonbahar mevsiminde $r=0.533$, $p<0.05$). Su sıcaklığı ile hava sıcaklığı değerinin doğru orantılı olduğu bilindiğine göre (Şekil 5.4.) ve bulgularımızda su sıcaklığı ile TMAB sayısı arasında pozitif korelasyon saptandığı göz önüne alındığında, hava sıcaklığı ile TMAB sayısı arasında da pozitif korelasyon olması beklenen bir durumdur. Bulgularımız da bu durumu destekler niteliktedir.



Şekil 5.6. Tunca Nehri'nde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı ile Hava Sıcaklığı Değerlerinin Aylık Değişimi

ÇÖZÜNMÜŞ OKSİJEN değeri, suda bulunan organik madde konsantrasyonunu, suyun kirlenme derecesini ve kendi kendini ne derecede temizleyebileceğini ifade eder (Ünlü ve ark., 2008). Oksijenin sudaki miktarı, suyun sıcaklığına, sucul canlıların aktivitesine ve su yüzeyindeki atmosfer basıncına bağlı olarak değişim gösterir.

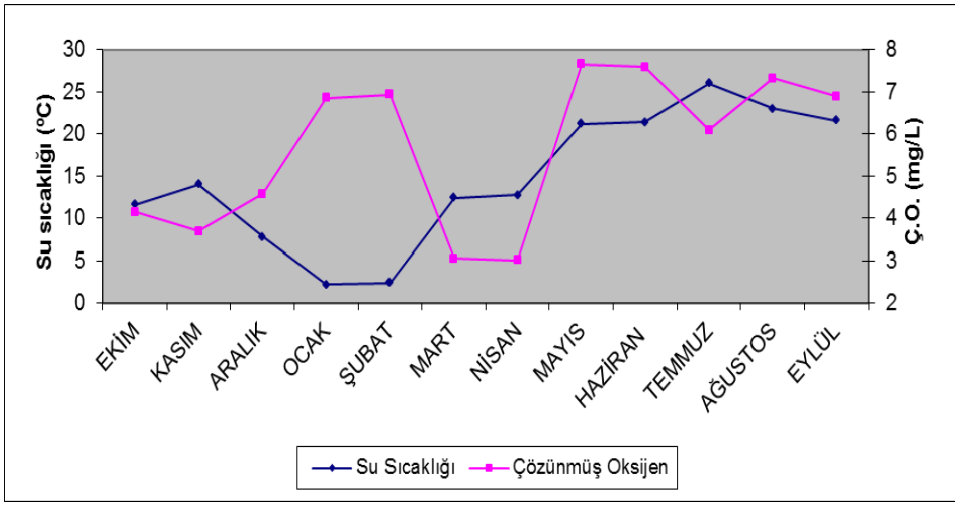
Çalışma süresince Tunca Nehri'nde ölçülen çözünmüş oksijen değeri en düşük 2.66 mg/L ile Nisan ayında (1. istasyonda), en yüksek 8.75 mg/L ile Ağustos ayında (2. istasyonda) ölçülmüştür. Örnekleme istasyonlarının yıllık ortalama çözünmüş oksijen değerleri dikkate alındığında, 5. istasyon 5.45 mg/L ile en düşük ortalama değerde, 1. istasyon ise 5.83 mg/L ile en yüksek ortalama değerde bulunmuştur.

Nehirde ölçülen çözünmüş oksijen konsantrasyonunun yıllık ortalaması 5.64 mg/L'dir. Buna göre çözünmüş oksijen açısından nehir, SKKY (2004)'e göre kıta içi su kaynaklarının kullanımı açısından 2. sınıf su kalitesine yakın bulunmuştur.

Uluçam (1997) ve Öterler (2003) Tunca Nehri'nde çözünmüş oksijen miktarının evsel atıkların karıştığı noktalardan sonraki örnekleme noktasında düşük olduğunu

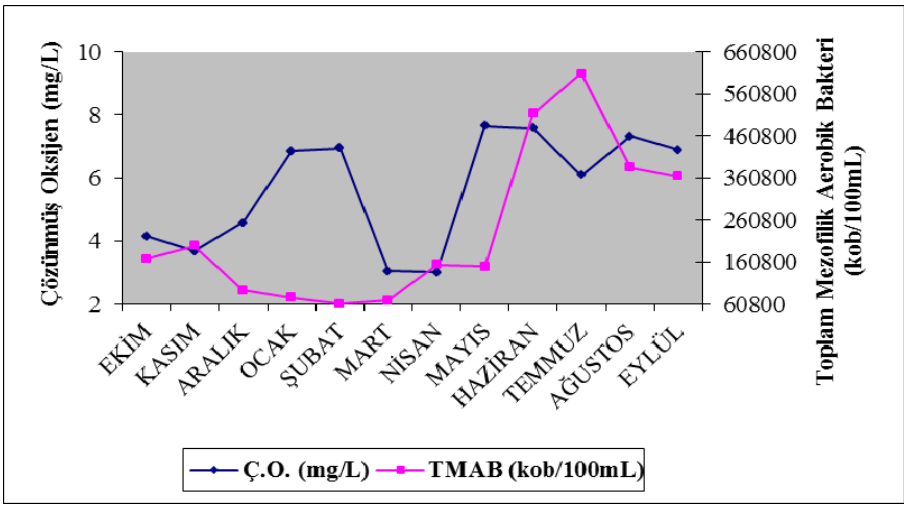
belirtmişlerdir. Elde etmiş olduğumuz sonuçlar diğer araştırmacıların sonuçları ile paralel olup, çözünmüş oksijen miktarının atık su karışan örnekleme noktalarında daha düşük olduğunu göstermektedir. Özellikle 5. istasyonun konumu düşünüldüğünde, çözünmüş oksijen değerinin diğer istasyonlara göre daha düşük çıkması beklenen bir sonuçtur. Tunca Nehri'nin ülkemiz sınırlarına giriş yaptığı noktadan seçilen ilk örnekleme alanı (1. istasyon) ise, Ç.O. bakımından en yüksek ortalama değerde bulunmuştur.

Çalışmada ayrıca, su sıcaklığı ile çözünmüş oksijenin birbirlerine ters orantılı olarak değiştiği de gözlenmiştir (Şekil 5.7). Buna göre, özellikle kış aylarında sıcaklığın diğer aylara göre oldukça düşük seyretmesine karşılık, Ç.O. değerinin yükselmiş olması literatüre göre beklenen bir durumdur (Taşdemir ve Göksu, 2001).



Şekil 5.7. Tunca Nehri'nde Çözünmüş Oksijen ve Su Sıcaklığı Değerlerinin Aylık Değişimleri

Elde ettiğimiz veriler, çözünmüş oksijen değerleri ile toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları arasında ters orantı olduğunu göstermektedir (Şekil 5.8.). Suyun çözünmüş oksijen değeriyle, TMAB sayıları bakımından herhangi bir ilişkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analizler de bulgularımızı destekler niteliktedir. Spearman korelasyonuna göre Ç.O. değeriyle toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları arasında negatif bir ilişki olduğu saptanmıştır (Ekim ayında $r= -0.894$, $p<0.05$; Mayıs ayında $r= -0.894$, $p<0.05$; Kasım ayında $r= -0.949$, $p<0.05$). Bu durum, yüzey sularında doğal olarak bulunan veya kirletici kaynaklardan sulara ulaşan çeşitli organik maddelerin, ortamdaki aerob mikroorganizmaların aktiviteleri sonucu parçalanması ve bu sırada sudaki çözünmüş oksijenin tüketmesi ile açıklanabilir. Su sıcaklığı ile çözünmüş oksijen değerinin ters orantılı olduğu bilindiğine göre (Şekil 5.7.) ve bulgularımızda su sıcaklığı ile TMAB sayısı arasında pozitif korelasyon saptandığı göz önüne alındığında, Ç.O. ile TMAB sayısı arasında da negatif korelasyon olması beklenen bir durumdur.



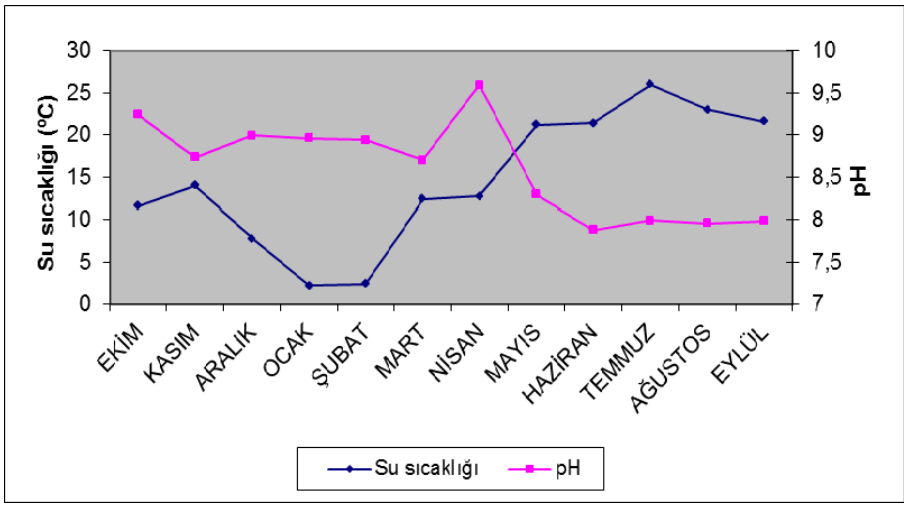
Şekil 5.8. Tunca Nehri'nde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı ile Çözünmüş Oksijen Değerlerinin Aylık Değişimi

ALKALİNİTE, bazı bileşiklerin toksisitesini değiştireceğinden, pH değeri, suyun önemli faktörlerinin başında yer alır. Biyokimyasal tepkimelerin gerçekleşebilmesi için, pH değerinin belirli bir düzeyde tutulması gerekir. Sucul canlılar ani pH değişimlerinden olumsuz etkilendikleri için, sudaki hızlı pH değişimleri tehlikelidir (Gökmen, 2007).

Tunca Nehri'nde örnekleme periyodu süresince elde edilen verilere göre, pH değeri en düşük 7.77 ile Haziran ayında (2. istasyonda), en yüksek 9.98 ile Ekim ayında (1. istasyonda) ölçülmüştür. Çalışma sonucunda kaydedilen veriler mevsimsel olarak incelendiğinde ise, su sıcaklığının yüksek olduğu yaz aylarında pH değerlerinde bir düşüş göze çarpmaktadır (Şekil 5.9.). Genellikle alg üremesinin fazla olduğu yaz aylarında, fitoplankton topluluğu fotosentez yaparak CO_2 tüketir ve böylece suyun pH değerinin artmasına neden olur. Ancak çalışmamızda, pH değerinin yaz aylarında düşük, kış aylarında ise yüksek olduğu gözlenmiştir. Yaz aylarındaki bu düşüşün sebebi, artan mikroorganizma faaliyetleri ile organik madde parçalanması olabilir. Sonuç olarak, çalışma periyodu boyunca nehir genelinde pH seviyesinin bazik düzeyde seyrettiği söylenebilir. pH değerinin bazik karaktere eğilimli olması, akarsuya evsel ve endüstriyel atık girdisini göstermektedir (Toroğlu ve ark., 2006).

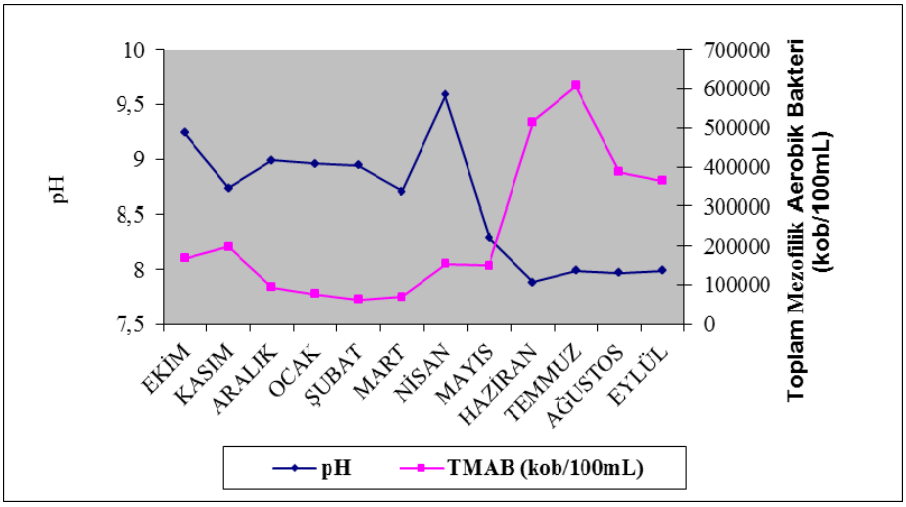
Tunca Nehri'nde örnekleme periyodu boyunca, ortalama pH değeri göz önüne alındığında, SKKY (2004)'e göre kıta içi su kaynaklarının kullanımı açısından, 1. sınıf kaliteye daha yakın olduğu belirlenmesine rağmen, bazı örneklemelerde bu kalite değerinin aşıldığı gözlenmiştir.

Çalışmamız, Tunca Nehri'nde daha önce yapılmış olan çalışmalarla kıyaslandığında, zamanla pH değerinde fazla bir değişim olmamıştır.



Şekil 5.9. Tunca Nehri'nde pH ve Su Sıcaklığı Değerlerinin Aylık Değişimleri

pH değerlerinin, toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları ile herhangi bir ilişkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analizler sonucunda, suyun pH değeriyle TMAB sayıları arasında negatif bir ilişki olduğu saptanmıştır (Haziran ayında $r= -0.900$, $p<0.05$; Eylül ayında $r= -1.000$, $p<0.01$; sonbahar mevsiminde $r= -0.699$, $p<0.01$; ilkbahar mevsiminde $r= -0.651$, $p<0.01$). Çalışmamızda elde edilen bulgular, istatistiksel verilerle de desteklenmektedir. Buna göre, pH değerinin toplam mezofilik bakteri sayısı ile ters orantılı olduğu Şekil 5.10.'da sunulmuştur. Örnekleme periyodu boyunca nehirde kaydedilen pH değerleri 7.77 ile 9.98 arasında kaydedilmiştir. Bakterilerin gelişebildiği pH aralıkları optimum 6.5-7.5 arasında olduğu göz önüne alındığında (Keeton ve ark., 2003), çalışmamızda kaydedilen pH değerleri ile TMAB sayıları arasında ters orantı olması, yani pH'ın nötral değerlere yaklaşması ile bakteri sayısında bir artış kaydedilmesi, litertürü destekler niteliktedir. Yine Tunca Nehri'nde su sıcaklığı ile pH değeri arasında ters orantı saptandığı (Şekil 5.9.) göz önüne alındığında, su sıcaklığı ile TMAB sayısı arasında pozitif korelasyon belirlendiğine göre, suyun pH değeri ile TMAB sayısı arasında da negatif korelasyon gözlenmesi, beklenen bir durumdur.

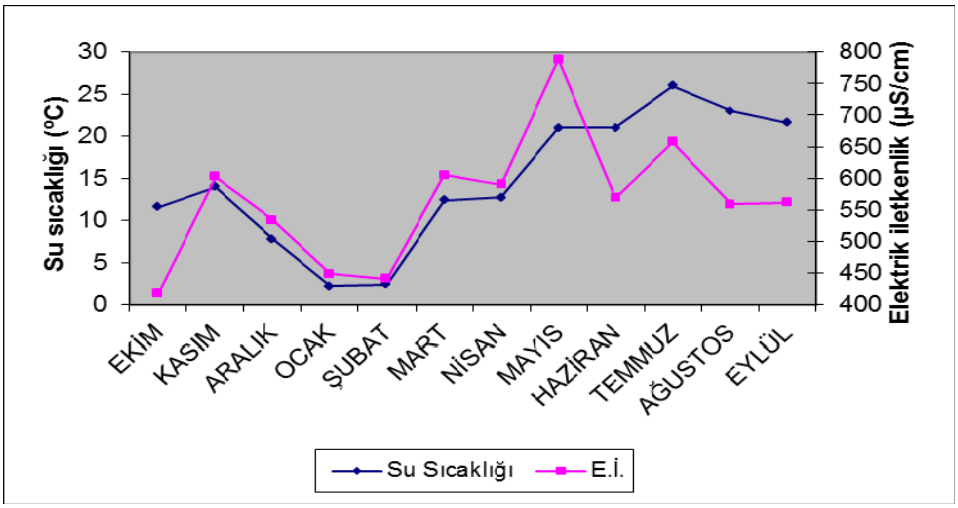


Şekil 5.10. Tunca Nehri'nde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı ile pH Değerlerinin Aylık Değişimi

ELEKTRİK İLETKENLİĞİ, sudaki toplam çözünmüş madde miktarının göstergesi olup, sudaki iyonların varlığına, iyonların toplam derişimine ve değerliklerine, jeolojik yapıya ve yağış miktarına bağlı olarak değişim göstermektedir (Durhasan, 2006; Küçükyılmaz ve ark., 2010).

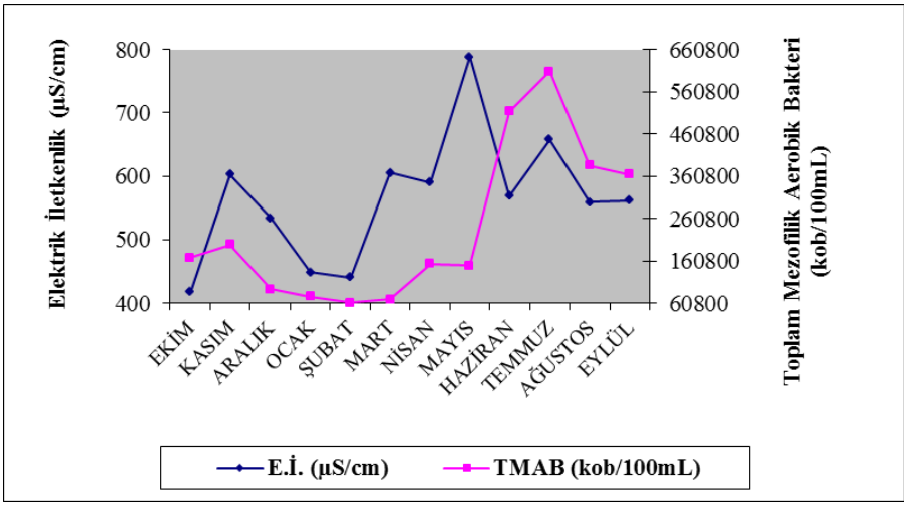
Tunca Nehri'nde örnekleme periyodu boyunca elde edilen verilere göre, elektrik iletkenliği en düşük 408 µS/cm ile Ekim ayında (2. istasyonda), en yüksek 803 µS/cm ile Mayıs ayında (5. istasyonda) ölçülmüştür. Ortalama değer ise 564 µS/cm olarak kaydedilmiştir. Bu değer su ürünleri standartları ve yüzeysel su kaynaklarının kirlenmeye karşı korunması hakkındaki protokolde belirtilen değerleri (150-500µS/cm) aşmaktadır (Taş ve ark., 2010). Sudaki asit ve baz tuzları sebebiyle oluşan elektrik iletkenliği, su sıcaklığı ile yakından ilişkili olup, sıcaklık azaldıkça bu özellik de azalmaktadır (Şekil 5.11.). Çalışmamızda elde ettiğimiz verilere göre, kış aylarında genel olarak elektrik iletkenliği değerlerinin düşmesi, sıcaklığın düşmesi ile açıklanabileceği gibi kar sularının erimesinden de kaynaklanabileceğini akla getirmektedir.

Çalışmamızda elde edilen bulgular, Tunca Nehri'nde daha önce yapılmış çalışmaların bulguları ile karşılaştırıldığında, kaydedilen ortalama elektrik iletkenliği değeri Kavaz (1997) ve Uluçam (1997)'dan yüksek olup (sırasıyla 226 µS/cm, 236 µS/cm), Öterler (2003) ile benzerlik göstermektedir.



Şekil 5.11. Tunca Nehri'nde Elektrik İletkenliği ve Su Sıcaklığı Değerlerinin Aylık Değişimleri

Elektrik iletkenliği değerlerinin, toplam mezofilik bakteri sayıları ile herhangi bir ilişkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analizler sonucunda, bu iki değer arasında pozitif bir korelasyon olduğu saptanmıştır (Ağustos ayında $r=1.000$, $p<0.01$). Çalışmamızda elde edilen bulgular, istatistiksel verilerle de desteklenmektedir. Buna göre, elektrik iletkenliğin toplam mezofilik bakteri sayısı ile doğru orantılı olduğu Şekil 5.12.'de sunulmuştur. Aynı şekilde Tunca Nehri'nde su sıcaklığı ile E.İ. arasında doğru orantı saptandığı (Şekil 5.11.) göz önüne alındığında, su sıcaklığı ile TMAB sayısı arasında pozitif korelasyon gözlendiğine göre, E.İ. değeri ile TMAB sayısı arasında da pozitif korelasyon olması beklenen bir durumdur.



Şekil 5.12. Tunca Nehri'nde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı ile Elektrik İletkenliği Değerlerinin Aylık Değişimi

Yağışlarla ve çeşitli kaynaklarla yeryüzüne düşen sular; yüzeysel, yer altı ve akarsulardaki akımları sırasında zeminde bulunan çeşitli tuzları bünyelerine alarak, bunları gittikleri ortamlara taşımakta ve **TUZLULUK** değerlerini arttırmaktadırlar (Erdem, 2006).

Tunca Nehri'nde elde edilen verilere göre, tuzluluk miktarı en düşük ‰ 0.041 ile Ekim ayında (1. istasyonda), en yüksek ‰ 0.134 ile Haziran ayında (4. istasyonda) ölçülmüştür. Buna göre, tuzluluk değerleri beklendiği gibi yıl boyu çok fazla değişiklik göstermeyip, Haziran ayında diğer aylara göre nispeten yüksek çıkmıştır. Bu durum yaz mevsiminde buharlaşma ile su miktarı azalacağından, erimiş madde yoğunluğunun artması ile açıklanabilir. Kış mevsiminde ve yağışlı aylarda da tam tersi bir durum söz konusu olmuştur. Çalışmada, nehirde ölçülen tuzluluk miktarının yıllık ortalamasının ‰ 0.086 civarında olduğu belirlenmiştir.

Öterler (2003)'in yapmış olduğu çalışmadaki tuzluluğa ait verilerle çalışmamızdaki bulgular karşılaştırıldığında, tuzluluk değerinin geçen süre içerisinde önemli bir değişiklik göstermediği gözlenmiştir.

Tuzluluk değerlerinin, toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları ile herhangi bir ilişkisinin olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analizler sonucunda, Spearman korelasyonuna göre, bu iki değer arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

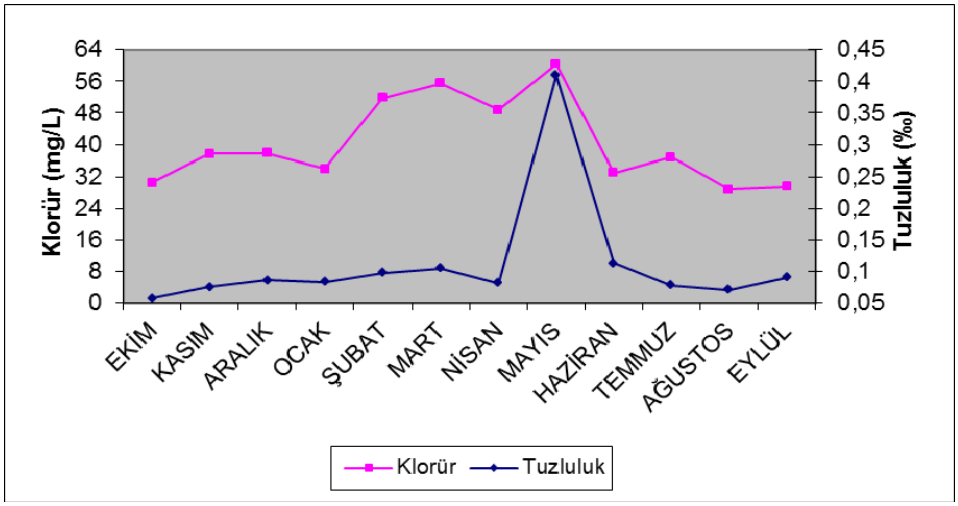
Tüm doğal suların önemli bir kimyasal bileşeni olan **KLORÜR** iyonunun tatlı sularda konsantrasyonu genellikle düşüktür. Herhangi bir kirlenmenin veya tuzlu su girişinin olmadığı sularda klorür içeriği 10-20 mg/L arasında değişir (Kırankaya ve Ekmekçi, 2005).

Çalışma dönemi boyunca elde edilen verilere göre, klorür miktarı en düşük 25.99 mg/L ile Ağustos ve Eylül aylarında (1. istasyonda), en yüksek 63.98 mg/L ile Mayıs ayında (2. istasyonda) ölçülmüştür. Bu nispeten yüksek klorür değeri, yine bu ayda tuzluluk ve iletkenlik değerlerinin de yüksek olmasıyla ilişkilendirilebilir (Şekil 5.13. ve 5.14.). Grafiklerde de görüleceği üzere, klorür değerleri, tuzluluk ve iletkenlik değerleriyle doğru orantılı olarak değişir.

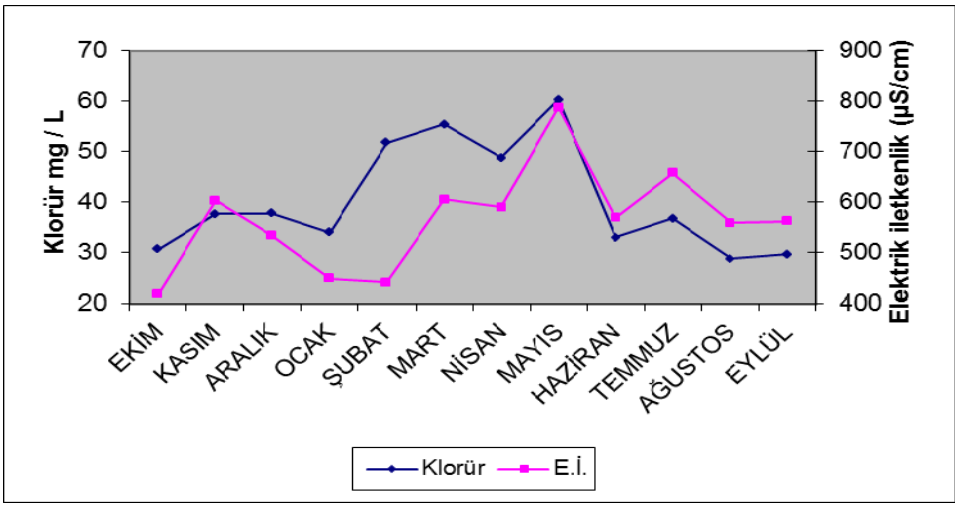
Tunca Nehri'nde seçilen örnekleme istasyonlarında belirlenen klorür değerleri, genel olarak SKKY (2004)'e göre kıta içi su kaynaklarının kullanımı açısından 1. sınıf kaliteye daha yakın bir tablo çizmektedir.

Tunca Nehri'nde klorür miktarının yıllık ortalaması 40.38 mg/L olarak belirlenmiştir. Bu değer, Kavaz (1997) ve Uluçam (1997) tarafından gerçekleştirilen çalışmalardaki ortalama klorür değerlerine göre daha düşük (sırasıyla 70.49 mg/L, 48.44 mg/L), Öterler (2003) tarafından gerçekleştirilen çalışmadaki ortalama klorür değerine göre (7.38 mg/L) ise daha yüksek bir değerdir.

Klorür değerlerinin, toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları ile herhangi bir ilişkisinin olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analizler sonucunda, Spearman korelasyonuna göre, bu iki değer arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.



Şekil 5.13. Tunca Nehri'nde Klorür ve Tuzluluk Değerlerinin Aylık Değişimleri

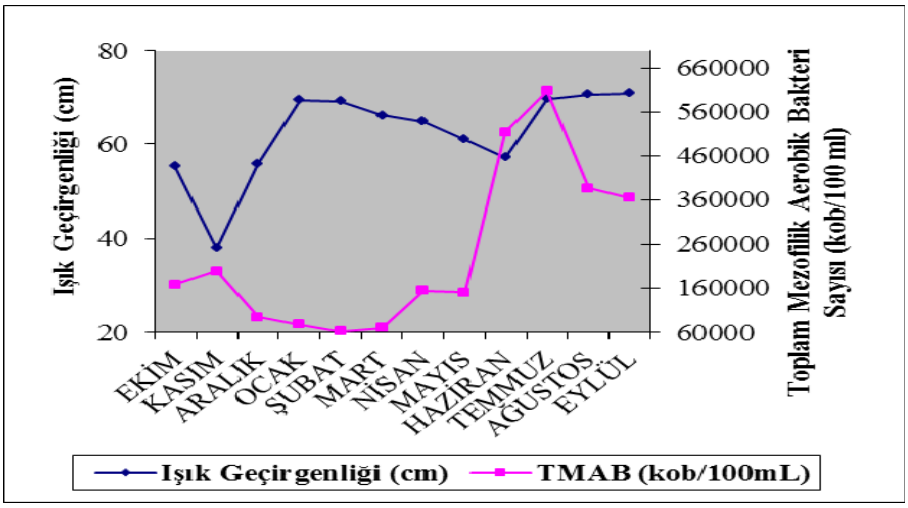


Şekil 5.14. Tunca Nehri'nde Klorür ve Elektrik İletkenliği Değerlerinin Aylık Değişimleri

Çalışmada, Secchi disk derinliği şeklinde ölçülmüş olan **IŞIK GEÇİRGENLİĞİ**, mevsimlere, gün uzunluğuna, ışığın şiddetine ve gelme açısına, suda asılı olan partiküllere ve havanın rüzgarlı oluşuna bağlı olarak değişebilen bir parametredir. Canlıların gelişiminde ve vertikal dağılımında önemli bir rol oynadığı düşünülen ışığın süresi ve şiddeti, sucul ekosistemde fotosentez gibi bir takım biyolojik olaylarda da etkilidir.

Yapmış olduğumuz çalışma sonucunda, Tunca Nehri'nin secchi disk derinliği en düşük 25 cm ile Kasım ayında (3. ve 4. istasyonlarda), en yüksek 82 cm ile Temmuz ayında (4. istasyonda) ölçülmüştür. Genel olarak secchi diski derinliğinin yaz aylarında artış göstermesi, yaz mevsiminde ışık şiddetinin fazla oluşuyla ve kış aylarında eriyen kar ve yağmur sularının erozyon girdisiyle açıklanabilir. Tunca Nehri'nin örnek alma noktalarındaki ışık geçirgenliği ölçümlerinin farklı değerlerde olması da, nehir içinde bulanıklığa sebep olacak bir kirleticinin dışarıdan nehir içine sürüklendiği şeklinde yorumlanabilir.

Tunca Nehri'nde daha önce yapılan çalışmalarda, ışık geçirgenliğine ait verilere rastlanmamıştır. Ayrıca çalışmamız sonucunda elde edilen verilere göre ışık geçirgenliği değerlerinin TMAB sayısı ile ters orantı olabileceği düşünülmesine rağmen (Şekil 5.15.), istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde, Spearman korelasyonuna göre bu iki değer arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.



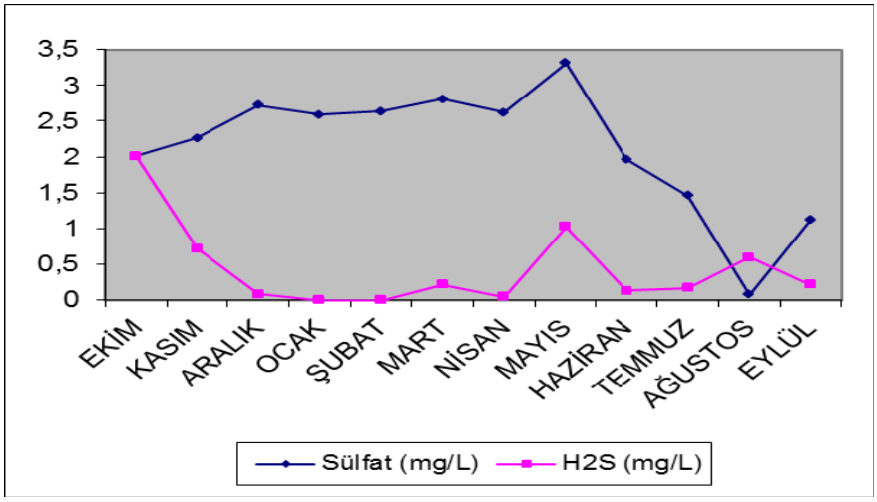
Şekil 5.15. Tunca Nehri'nde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı ile Işık Geçirgenliği Değerlerinin Aylık Değişimi

HİDROJEN SÜLFÜR, organik atıklar ve çözünmüş oksijen azalması sonucu oluşan anaerobik şartlarda sülfat indirgeyici bakteriler tarafından sucul ekosisteme kazandırılan bir solunum ürünüdür (Egemen ve Sunlu, 1999). Yani, ortamdaki sülfat varlığı ile H_2S varlığı yakından ilişkilidir. Tunca Nehri'nde yapmış olduğumuz örneklemeler, literatürü destekler nitelikte olup, sülfat ve H_2S değerleri arasındaki ilişki Şekil 5.16.'da gösterilmiştir. Aynı zamanda, bazı atık su deşarjlarında önemli bir kirletici olan H_2S, az miktarlarda dahi sucul yaşam ortamını olumsuz yönde etkileyerek bitki ve hayvan hücrelerine zarar verirken, aerobik mikroorganizmalar açısından da toksik etki gösterir (Çiçek ve ark., 1997). Çalışmamızda da literatürü destekleyen sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 5.17.).

Çalışmamızda yapılan ölçümler sonucunda elde edilen verilere göre, H_2S değeri en yüksek 2.556 mg/L ile Ekim ayında (1. istasyonda) ölçülmüştür. Ocak ve Şubat aylarında hiçbir örnekleme istasyonunda H_2S'e rastlanmamış olup, yine Aralık (1., 4. ve 5. istasyonlar), Mart (3., 4. ve 5. istasyonlar), Nisan (1., 3., 4. ve 5. istasyonlar), Haziran (1., 2., 4. ve 5. istasyonlar), Temmuz (1., 2. ve 4. istasyonlar), Ağustos (1. ve 3. istasyonlar) ve Eylül (1. ve 4. istasyonlar) aylarında H_2S varlığı saptanmamıştır. Mevsimsel ortalama değerleri göz önüne alındığında ise H_2S, en fazla 0.979 mg/L ile

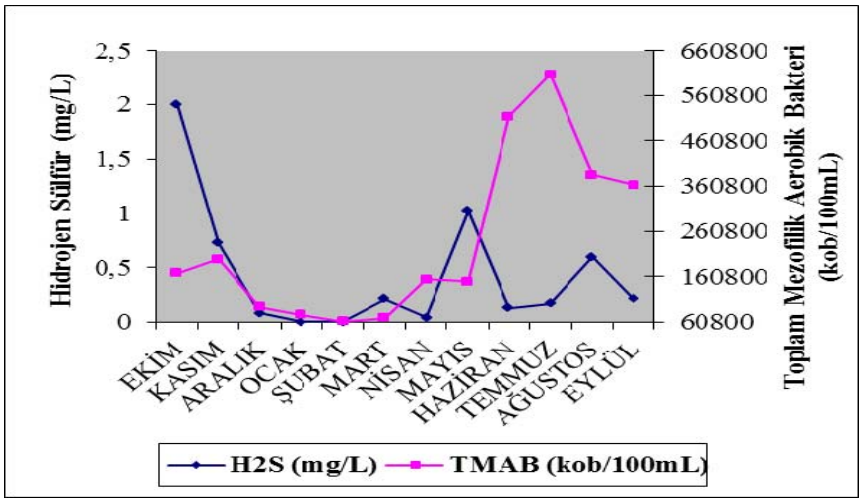
sonbahar mevsiminde, en az 0.028 mg/L ile kış mevsiminde kaydedilmiştir. Kış aylarında su sıcaklığındaki azalış, mikroorganizma faaliyetlerini azaltacağından, H_2S değerlerinin kış mevsiminde düşük çıkması bu bilgiyi doğrular niteliktedir.

Tunca Nehri'nin Türkiye segmentinde şimdiye dek yapılan limnolojik amaçlı çalışmalarda H_2S varlığı araştırılmamıştır.



Şekil 5.16. Tunca Nehri'nde Hidrojen Sülfür ve Sülfat Değerlerinin Aylık Değişimleri

Hidrojen sülfür değerlerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları ile herhangi bir ilişkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analizler sonucunda, suyun H_2S değeriyle TMAB sayıları arasında negatif bir ilişki olduğu saptanmıştır (Ekim ayında $r= -0.975$, $p<0.01$). Çalışmamızda elde edilen bulgular, istatistiksel verilerle de desteklenmektedir. Buna göre, hidrojen sülfür değerinin toplam mezofilik bakteri sayısı ile ters orantılı olduğu Şekil 5.17.'de sunulmuştur.



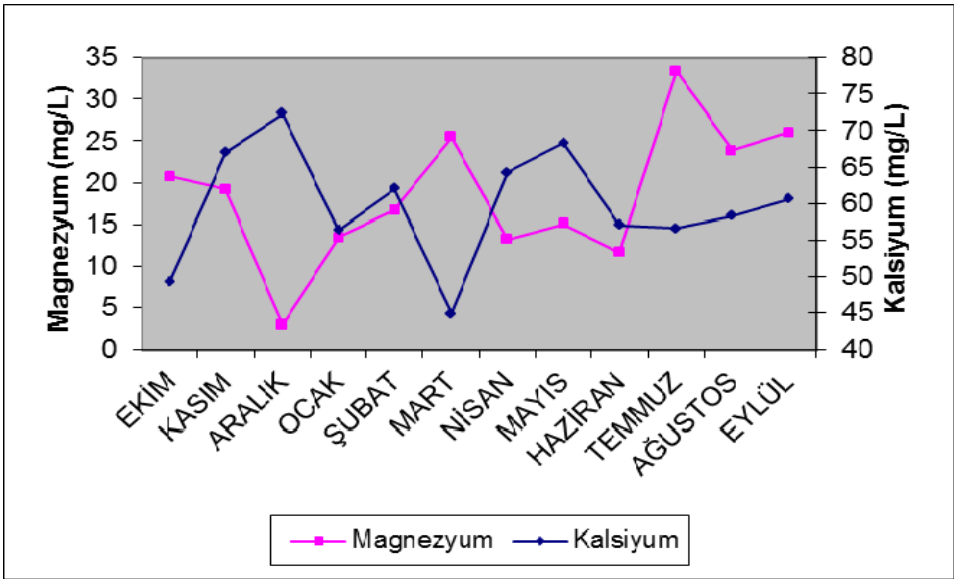
Şekil 5.17. Tunca Nehri'nde Hidrojen Sülfür Değerlerinin ve Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayılarının Aylık Değişimleri

KALSİYUM iyonu doğal sularda bol miktarda bulunan bileşenlerden biridir. Doğal suların kalsiyum içeriği 150 mg/L' ye kadar ulaşabilir (Kırankaya ve Ekmekçi, 2005). Kıta içi sularda ise, suyun kalsiyum içeriğinin 25 mg/L civarında olmasının biyolojik produktiviteyi maksimum düzeye çıkartırken, 12 mg/L değerin altında düşmesinin produktiviteyi iki kat azaltacağı bildirilmiştir (Kırankaya ve Ekmekçi, 2005; Taş ve Çetin, 2011).

Kalsiyum iyonu ile birlikte suyun sertliğini oluşturan **MAGNEZYUM** iyonu da, suyun produktivitesi üzerinde etkilidir. Magnezyum, sularda klorofilli bitkiler için hayati önem taşır. Magnezyum klorofilin bir bileşeni olduğundan, Mg^{++} yokluğunda hiçbir ekosistem çalışamaz (Odum ve Barrett, 2005).

Çalışma sonucunda elde ettiğimiz verilere göre en yüksek Ca^{++} içeriği, 76.95 mg/L ile Aralık ayında (1. istasyonda), en düşük 36.07 mg/L ile Mart ayında (4. istasyonda) kaydedilmiştir. Tunca Nehri su örneklerinde yapılan Mg^{++} analizi sonuçlarına göre, 42.13 mg/L ile Temmuz ayında (5. istasyonda) diğer örnekleme noktalarına kıyasla en yüksek oranda Mg^{++} içeriği tespit edilmiştir. Magnezyum miktarı en düşük 0.48 mg/L ile Aralık ayında (5. istasyonda) ölçülmüştür.

Tunca Nehri'nde daha önce yapılan çalışmalarda (Kavaz 1997; Uluçam, 1997, Öterler, 2003), kalsiyum değerlerinin sırasıyla 42.5-99.4 mg/L; 16.00-94.588 mg/L; 44.80-111.42 mg/L arasında değişim gösterdiği, magnezyum değerlerinin ise sırasıyla 21.3-45.04 mg/L; 15.49-48.80 mg/L; 15.49-89.01 mg/L arasında değişim gösterdiği kaydedilmiştir.



Şekil 5.18. Tunca Nehri'nde Magnezyum ve Kalsiyum Değerlerinin Aylık Değişimleri

Kalsiyum ve magnezyum değerlerinin, toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları ile herhangi bir ilişkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analizler sonucunda, suyun Ca^{++} değeriyle TMAB sayıları arasında negatif bir ilişki olduğu saptanmıştır (Aralık ayında $r= -1.000$, $p<0.01$). Suyun Mg^{++} değeriyle TMAB sayıları arasında ise pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır (sonbahar mevsiminde $r=0.533$, $p<0.05$). Tunca Nehri'nde Ca^{++} ile Mg^{++} değerleri arasında ters orantı saptandığına göre (Şekil 5.18.), TMAB sayısı ile Ca^{++} değeri arasında negatif bir korelasyon olması, Mg^{++} değeriyle ise pozitif korelasyon olması beklenen bir durumdur.

SU SERTLİĞİ, içinde çözünmüş halde bulunan Ca^{+2}, Mg^{+2}, Sr^{+2}, Fe^{+2} ve Mn^{+2} gibi '+2' değerlikli iyonların varlığının bir sonucudur. Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları doğal sularda diğer iyonlardan daha fazla bulunduklarından, tatlı sularda suyun sertliği büyük oranda bu iki elementin iyonlarına, az miktarda da diğer metal iyonlarına bağlı olarak oluşmaktadır (Durhasan, 2006).

Çalışmamızda, aylık periyotlarla yapılan analizler sonucunda elde edilen verilere göre, toplam sertlik değeri en düşük 2.8 FSº ile Ekim ayında (5. istasyonda) kaydedilirken, debinin düşük olduğu Temmuz ayında toplam sertlik değeri 29.8 FSº ile Temmuz ayında (3 ve 5. istasyonlarda) maksimum seviyeye ulaşmıştır. Nehir yatağının toprak ve kayaç yapısına bağlı olarak, su seviyesinin az olduğu dönemlerde alkalinite ve sertlik yüksek çıkabilir (Tepe ve ark., 2006). Toplam sertlik seviyesi bakımından Tunca Nehri'nde de böyle bir değişim gözlenmiştir.

Sular sertlik derecelerine göre sınıflandırıldığında, Fransız sertlik derecesi bakımından 0-7.2 arası çok yumuşak, 7.2-14.5 arası yumuşak, 14.5-21.5 arası hafif sert, 21.5-32.5 arası orta sert, 32.5-54.0 arası sert ve >54.0 çok sert su sınıfına girdiği bildirilmiştir (Egemen ve Sunlu, 1999).

Nehirde daha önceki yıllarda yapılan ve Öterler (2003)'e ait olan çalışmada, ortalama toplam sertlik 35.36 FS° olarak ölçülmüş ve nehir "sert su" olarak sınıflandırılmıştır. Bizim çalışmamızda ise, örnekleme dönemi boyunca toplam sertliğin yıllık ortalama değeri 17.4 FS° olarak ölçülmüş ve Fransız sertlik bütünü derecesine göre nehir suyu, "hafif sert su" olarak belirlenmiştir.

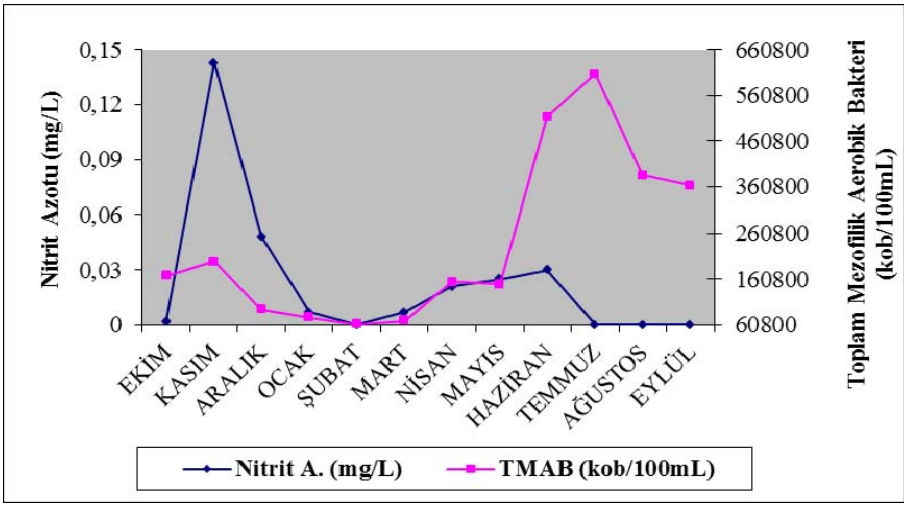
Toplam sertlik değerlerinin toplam mezofilik bakteri sayıları bakımından herhangi bir ilişkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analizler sonucunda, suyun T.S. değeriyle TMAB sayıları arasında negatif bir ilişki olduğu saptanmıştır (Haziran ayında $r= -0.894$, $p<0.05$; kış mevsiminde $r= -0.740$, $p<0.01$; ilkbahar mevsiminde $r= -0.651$, $p<0.01$).

Azot bileşikleri su kirliliği açısından çeşitli etkiler yaparlar. Oksijen bilançosunun etkilenmesi, ötrofikasyon, ve ayrıca sularda meydana gelen toksikolojik sorunlar, bunlardan bazılarıdır (Çiçek ve ark., 1997). Azot bileşiklerinden olan **NİTRİT AZOTU**, düşük derişimlerde bile bazı canlılar için toksik olduğundan, doğal sularda bulunmasının bu tip canlılar açısından sakıncalı olduğu bilinmektedir. Sudaki nitrit değerleri, konsantrasyon sınırlarını aştıkları zaman özellikle sekonder aminler ve diğer azotlu maddeler ile reaksiyona girerek, N-nitrozaminleri oluştururlar (Ağaoğlu ve ark., 2007). Bu bileşiklerin de karaciğer, böbrek, mide gibi bir takım organlarda kanserlere neden olduğu bilinmektedir. Diğer yandan azot elementi, proteinlerin yapısının temel elementi olmasından dolayı oldukça önemli bir besin tuzudur. Sucul sistemlerde çeşitli formlarda bulunan azot elementinin en yaygın formları nitrat (NO_3^-), nitrit (NO_2^-), serbest amonyak (NH_3) ve amonyum (NH_4^+) formudur.

Tunca Nehri'nde yapılan ölçümlere göre**,** Nitrit azotu en yüksek 0.154 mg/L ile Kasım ayında (3. istasyonda) kaydedilmiştir. Ekim (2., 3., 4. ve 5. istasyonlar), Ocak (3. istasyon), Mart (3. istasyon), Nisan (5. istasyon), Haziran (1. istasyon), Temmuz (2., 3., 4. ve 5. istasyonlar), Ağustos (2., 3., 4. ve 5. istasyonlar) ve Eylül (2., 3., 4. ve 5. istasyonlar) aylarında yapılan örneklemelerde, Nitrit azotu değerleri 0.000 olarak kaydedilmiştir. Şubat ayında ise Nitrit azotuna hiçbir örnekleme istasyonunda rastlanmamıştır. Bu değerler, daha önce Tunca Nehri'nde yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Nitrit azotu aylık ortalama değerleri göz önüne alındığında, Kasım ayında (0.143 mg/L) bu oran oldukça yüksek bulunmuştur. Kasım ayındaki bu artışın nedeni nitrifikasyon olayının ara ürünü olan nitriti nitrata çeviren bakterilerin, sıcaklığın düşmesi ile faaliyetlerinin yavaşlaması olabilir.

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (2004)'ne göre, nitrit azotu 0.05 mg/L'nin üzerinde olduğu taktirde su çok kirlenmiş olarak kabul edilmektedir. Tunca Nehri'nde yıllık ortalama nitrit azotu değeri 0.023 mg/L'dir. SKKY (2004)'e göre kıta içi su kaynaklarının kullanımı açısından Tunca Nehri nitrit azotu bakımından, 2. kaliteye daha yakın bir tablo çizmektedir.

Nitrit azotu değerleri ile toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları arasında herhangi bir ilişki olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analizler sonucunda, NO_2-N ile TMAB sayısı arasında anlamlı bir ilişki görülmemiştir. Ancak, çalışmamızda elde edilen bulgulara göre, NO_2-N değerlerinin TMAB sayısı ile doğru orantılı olduğunu düşünmekteyiz (Şekil 5.19.). Hill ve ark. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada, besin tuzlarının artışına bağlı olarak, bakteri sayısında da artış olduğu kaydedilmiştir. Ayrıca, istatistiksel analizler sonucunda nitrat azotu, sülfat, fosfat gibi diğer besin tuzlarıyla TMAB sayıları arasında pozitif korelasyon olduğu görülmekte ve TMAB sayısının nitrit azotu ile de doğru orantılı olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 5.19. Tunca Nehri'nde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı ile Nitrit Azotu Değerlerinin Aylık Değişimi

NİTRAT AZOTU, oksijence zengin sularda azotun çok yaygın görülen bir şekli olup, algal büyümeyi etkileyen önemli bir faktördür (Taş ve ark., 2010).

Tunca Nehri'nde yapılan ölçümler sonucunda nehir suyunun nitrat azotu değerleri yüksek 18.262 mg/L ile Mayıs ayında (1. istasyonda) ölçülmüştür. Eylül ayında (3. istasyonda) yapılan örneklemede Nitrat azotu değeri 0.000 olarak kaydedilmiştir. Şubat ve Haziran aylarında ise Nitrat azotuna hiçbir örnekleme

istasyonunda rastlanmamıştır. Elde edilen bu veri aralığı, nehirde daha önce gerçekleştirilen çalışmalar ile genel olarak benzerlik göstermektedir. Çalışma dönemi boyunca Tunca Nehri'nde en yüksek aylık ortalama değer, 13.969 mg/L ile Mayıs ayında kaydedilmiştir. Bu değeri 13.947 mg/L ve 10.008 mg/L ile sırasıyla Nisan ve Mart ayları takip etmiştir. Bunun sebebinin, azotlu gübrelerin kullanıldığı tarım arazilerinden yağışlı mevsimlerde yüzey akışı ve sızıntı ile Tunca Nehri'ne karışan sulara bağlı olabileceği düşünülmüştür. Nitrat değerlerinde özellikle ilkbahar mevsiminde görülen bu belirgin artış, Hunt ve Sarıhan (2004) tarafından Sarıçam Deresi'nde de kaydedilmiştir. Bu durumun ilkbaharda artan yağışlarla beraber tarım arazilerinden yüzey akışıyla akarsuya giren sızıntı sularına bağlı olabileceği bildirilmiştir (Hunt ve Sarıhan, 2004).

Yapılan analizler sonucunda nehirde yıllık ortalama nitrat azotu değeri 6.045 mg/L'dir. Buna göre nitrat azotu bakımından Tunca Nehri, SKKY (2004)'e göre kıta içi su kaynaklarının kullanımı açısından 1. sınıf kaliteye daha yakın ortalama değerdedir.

Nitrat azotu değerlerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları bakımından herhangi bir ilişkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analizler sonucunda, suyun NO_3-N değeriyle TMAB sayıları arasında pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır (kış mevsiminde $r=0.575$, $p<0.05$).

Kükürt, bazı organik maddelerin yapısına girebildiği gibi, daha çok inorganik halde bulunan bir elementtir. Sucul ortamda az miktarda sülfür (S^{-2}), daha çok da **SÜLFAT** (SO_4^{-2}) şeklinde bulunur (Çiçek ve ark., 1997). Sülfatın sucul ortamda yeterince bulunmayışı, fitoplanktonik canlıların gelişimini engellediği gibi, bitkilerin büyümesini de yavaşlatır (Odum ve Barrett, 2005). İç sularda sülfat oranının artışı, evsel ve endüstriyel atıklarla, tarımsal faaliyetlerin neden olduğu kirliliğin bir göstergesi olarak kabul edilir. Sülfat, anaerobik şartlar altında sülfat indirgeyici bakteriler tarafından hidrojen sülfüre dönüşür. Bu da suyun renk, tat, koku ve pH gibi bir takım fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirmektedir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz sülfat değerleri en düşük 0.000 mg/L ile Ağustos ayında (1. ve 2. istasyonlarda), en yüksek 3.438 mg/L ile Mayıs ayında (5. istasyonda) ölçülmüştür. Çalışma döneminde aylık ortalamalara göre en yüksek sülfat değeri Mayıs ayında 3.310 mg/L olarak kaydedilmiştir.

Sülfat değeri bakımından nehir suyunun, SKKY (2004)'e göre kıta içi su kaynaklarının kullanımı açısından, 1. sınıf su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Öterler (2003) tarafından yapılan çalışmada, Tunca Nehri'nde ölçülen sülfat değerlerinin 1.04 mg/L ile 4.20 mg/L arasında değiştiği gözlenmiş olup, bu değerler bizim verilerimiz ile paralellik göstermektedir.

Sülfat değerlerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları ile herhangi bir ilişkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analizler sonucunda, suyun SO_4^{-2} değeriyle TMAB sayıları arasında pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır (Ağustos ayında $r=0.975$, $p<0.01$; Eylül ayında $r=0.900$, $p<0.05$; yaz mevsiminde $r=0.515$, $p<0.05$). Hidrojen sülfür ile sülfat değerlerinin ters orantılı olduğu göz önüne alındığında (Şekil 5.16.), H_2S değeri ile TMAB sayısı arasında negatif korelasyon olduğu belirlendiğine göre, SO_4^{-2} değeri ile TMAB sayısı arasında pozitif bir korelasyon gözlenmesi beklenen bir durumdur.

FOSFOR, doğal suların verimliliğini etkileyen en önemli minerallerdendir. Lentik ve lotik sistemlerde çözünmüş organik fosfat, çözünmüş inorganik fosfat ve organik partiküler fosfat şeklinde bulunur (Taş ve ark., 2010). Azotlu bileşikler sucul ortamda denitrifikasyon gibi olaylarla çabuk yıkılarak kaybolabildiği gibi, fosfatlı bileşikler için böyle bir durum söz konusu değildir. Fosfatlı bileşikler, azotlu bileşiklere oranla sucul ortamda daha uzun süre kalmakta ve sedimentte birikerek konsantrasyonlarını arttırmaktadır (Bulut ve ark., 2010). Fosfat miktarı, organik maddelerin bozulması, tarımda kullanılan gübre ve zirai ilaçların yıkanarak suya karışması, endüstriyel ve evsel atık suların deşarjı veya sızıntı şeklinde sucul ortama karışması ile maksimum seviyeye ulaşmaktadır. Taş ve Çetin (2011), fosfat içeriğinin

0.15-0.30 mg/L arasında olduğu sularda prodüktivitenin yüksek olduğunu, ancak bu değerin 0.30 mg/L' yi aşması halinde suyun kirlenmiş sayılacağını bildirmiştir.

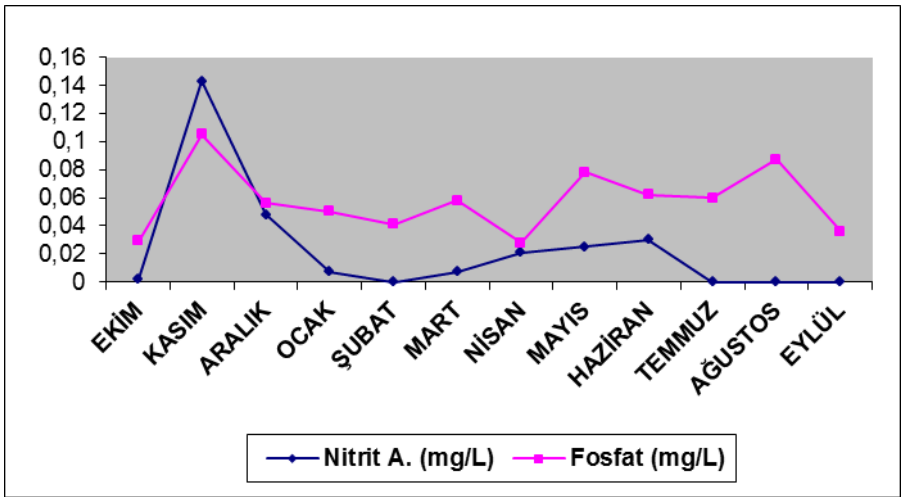
Çalışmamızda en yüksek fosfat değerine 0.146 mg/L ile Kasım ayında (4. istasyonda) rastlanırken, en düşük değer 0.020 mg/L ile Ekim ayında (2. istasyonda) kaydedilmiştir. Bu durum, nehirdeki prodüktivite oranının istasyon ve aylara göre değiştiğini anlatır.

Tunca Nehri, Fosfat değeri bakımından, SKKY (2004)'e göre kıta içi su kaynaklarının kullanımı açısından, 1. sınıfa daha yakın ortalama değerde kaydedilmiştir.

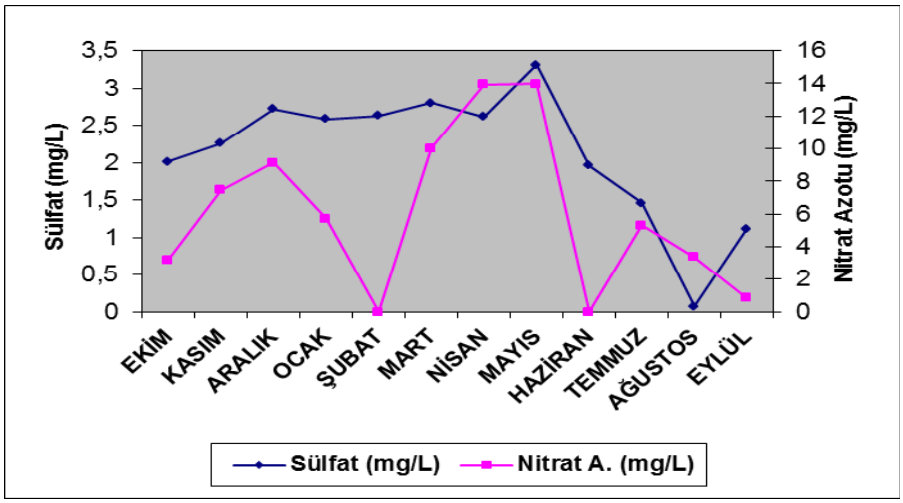
Tunca Nehri'nde daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde, Kavaz (1997), Uluçam (1997) ve Öterler (2003) tarafından yapılan çalışmalarda PO_4^{-3} değerlerinin sırasıyla 0.011-0.248 mg/L, 0.016-0.201 mg/L ve 0.014-0.403 mg/L arasında değiştiği belirlenmiştir. Bizim çalışmamızda ölçülen PO_4^{-3} değerleri ise 0.020-0.146 mg/L arasında değişim göstermiş olup, yıllık ortalama fosfat değeri 0.057 mg/L olarak kaydedilmiştir.

Fosfat değerlerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları ile herhangi bir ilişkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analizler sonucunda, suyun PO_4^{-3} değeriyle TMAB sayıları arasında pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır (Kasım ayında $r=0.975$, $p<0.01$; Aralık ayında $r=0.900$, $p<0.05$; Temmuz ayında $r=0.975$, $p<0.01$; kış mevsiminde $r=0.751$, $p<0.01$).

Tunca Nehri'nde ölçülen nitrit azotu, nitrat azotu, sülfat ve fosfata ait parametrelerin aylık ortalama değerleri, Şekil 5.20. ve 5.21.'de sunulmuştur.



Şekil 5.20. Tunca Nehri'nde Ölçülen Nitrit Azotu ve Fosfat Değerleri



Şekil 5.21. Tunca Nehri'nde Ölçülen Sülfat ve Nitrat Azotu Değerleri

ASKIDA KATI MADDE (AKM), erozyon nedeniyle verimli toprağın üst katmanlarının su ortamlarına taşınması veya alıcı su ortamlarına evsel ve endüstriyel atık sularla taşınan organik maddelerin, yine bu ortamlarda AKM yükü olarak ortaya çıkmasıdır. AKM'nin artışı ile suyun bulanıklığı arttığından ışık geçirgenliği azalır, oksijen üretimi düşer, suspens maddeler balıkların solungaçlarına yapışarak sucul canlıların yaşamını olumsuz yönde etkiler.

Tunca Nehri'nde örnekleme dönemi boyunca yapılan AKM ölçümlerinin yıllık ortalaması 331 mg/L çıkarken, en düşük değer 60 mg/L ile Eylül ayında (1. istasyonda), en yüksek değer 850 mg/L ile Kasım ayında (5. istasyonda) kaydedilmiştir. AKM değerinin Kasım ayında 546 mg/L ile diğer aylara oranla maksimum aylık ortalama değere ulaşması, yağışların etkisiyle meydana gelen erozyon sonucu olabileceğini akla getirmektedir. Elde edilen bu değerlerin SKKY (2004)'de belirtilen ötrofikasyon kontrolü sınır değerlerinin (5-15mg/L) çok üzerinde olduğu görülmektedir.

Nehirde daha önce yapılan çalışmaların sonuçları ile bizim sonuçlarımız karşılaştırıldığında, AKM yükü bakımından elde ettiğimiz veriler, Öterler (2003)'in verileri ile uyumluluk göstermiştir. Ancak bizim elde etmiş olduğumuz verilerin Uluçam (1997)'ın verilerinden (ortalama 1.42 mg/L) çok daha yüksek olduğu da açıkça görülmektedir. Zamanla nehirde meydana gelen bu değişim, atık suların deşarjıyla ya da yağmur ve kar sularının erimesi sonucu erozyon etkisi ile açıklanabilir.

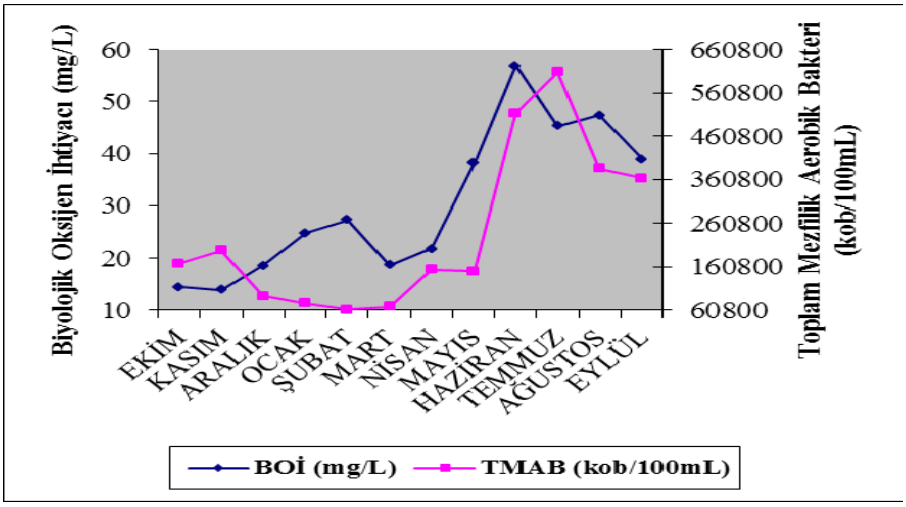
AKM değerlerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları ile herhangi bir ilişkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analizler sonucunda, suyun AKM değeriyle TMAB sayıları arasında pozitif bir korelasyon olduğu saptanmıştır (Nisan ayında $r=0.900$, $p<0.05$; Eylül ayında $r=0.900$, $p<0.05$). Işık geçirgenliği değerinin AKM değeri ile ters orantılı olduğu göz önüne alındığında, ve ışık geçirgenliği değerlerinin TMAB sayısı ile ters orantı olduğu bilindiğine göre, AKM ile TMAB sayısı arasında pozitif korelasyon olması beklenen bir durumdur.

Bakteriler tarafından, aerobik şartlar altında organik maddelerin parçalanmasında kullanılmak üzere gerekli olan oksijen miktarı, **BİYOLOJİK OKSİJEN İHTİYACI** ($BOİ_5$) olarak tanımlanır.

Tunca Nehri'nde aylık periyotlarla yapılan analizler sonucunda elde edilen verilere göre, biyolojik oksijen ihtiyacı değeri en düşük 12.19 mg/L ile Ekim ayında (3. istasyonda), en yüksek 65.81 mg/L ile Ağustos ayında (2. istasyonda) ölçülmüş olup, yıllık ortalama değer 30.49 mg/L olarak hesaplanmıştır. Buna göre $BOİ_5$ bakımından Tunca Nehri, SKKY (2004)'e göre kıta içi su kaynaklarının kullanımı açısından, 4. sınıf su kalitesindedir.

Çalışmamız, geçmiş yıllarda Tunca Nehri'nde yapılan çalışmalarla (Kavaz,1997; Uluçam,1997; Öterler,2003) karşılaştırıldığında, zamanla $BOİ_5$ değerlerinde bir artış olduğu görülmektedir (sırasıyla ortalama 3.008 mg/L, 5.160 mg/L, 6.158 mg/L). $BOİ_5$ değerinin Tunca Nehri'nde yüksek olması ve zamanla $BOİ_5$ değerinde görülen bu artış, sudaki organik kirlenmenin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir.

Biyolojik oksijen ihtiyacı değerlerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayıları bakımından herhangi bir ilişkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analizler sonucunda, suyun $BOİ_5$ değeriyle TMAB sayıları arasında negatif bir ilişki olduğu saptanmıştır (Kasım ayında $r= -0.975$, $p<0.01$; Mayıs ayında $r= -0.900$, $p<0.05$; Eylül ayında $r= -0.900$, $p<0.05$). Çalışmamızda elde edilen bulgular, istatistiksel verilerle de desteklenmektedir. Buna göre, biyolojik oksijen ihtiyacı değerinin toplam mezofilik bakteri sayısı ile ters orantılı olduğu Şekil 5.22.'de sunulmuştur.



Şekil 5.22. Tunca Nehri'nde Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sayısı ile Biyolojik Oksijen İhtiyacı Değerlerinin Aylık Değişimi

KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (KOİ), su içindeki tüm organik maddeleri CO_2 ve suya okside edecek toplam oksijen miktarını ifade eder (Tan, 2006). KOİ değeri, $BOİ_5$'den farklı olarak biyolojik yollarla ayrışmayan bazı maddeleri de içerebildiği için, $BOİ_5$ değeri her zaman için KOİ değerine eşit ya da küçük olmalıdır. Çalışmamızda elde ettiğimiz veriler de bu ifadeyi doğrular niteliktedir.

Tunca Nehri'nde ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde yapılan örneklemelerden elde edilen verilere göre, KOİ değerleri 98.09 mg/L (ilkbahar mevsimi, 2. istasyon) ile 120.85 mg/L (sonbahar mevsimi, 5. istasyon) arasında ölçülmüş olup, ortalama değeri 113.04 mg/L olarak kaydedilmiştir.

Tunca Nehri, KOİ bakımından SKKY (2004)'e göre limit değer olan 70 mg/L'nin oldukça üstünde görülmüştür. Buna göre KOİ açısından nehir, 4. sınıf su kalitesindedir.

Bu değerler Kavaz (1997), Uluçam (1997) ve Öterler (2003) 'in geçmiş yıllarda Tunca Nehri'nde yapmış oldukları çalışmalarla karşılaştırıldığında, zamanla KOİ değerlerinde bir artış olduğu görülmektedir (sırasıyla ortalama 32.34 mg/L, 48.11 mg/L,

36.47 mg/L). Bu durum nehir içine atık su deşarjı ve/veya organik madde girişi ile açıklanabilir.

Tunca Nehri'nden alınan su örneklerindeki **DEMİR** (Fe), **BAKIR** (Cu), **ÇİNKO** (Zn), **KURŞUN** (Pb) ve **KADMİYUM** (Cd) gibi bazı ağır metallerin belirlenmesine yönelik yapılan araştırmada, tüm örnekleme istasyonlarında ağır metallere ait bulgular kaydedilmiş ve bazılarının su kalite sınırlarını aştığı görülmüştür.

Çalışmamızda elde edilen yıllık ortalama ağır metal oranlarına bakıldığında, sudaki Fe miktarının 1.44 mg/L, Cu miktarının 0.07 mg/L, Zn miktarının 0.81 mg/L, Pb miktarının 4.91 mg/L ve Cd miktarının 0.00 mg/L olduğu belirlenmiştir. Tunca Nehri'nden alınan su örneklerinde belirlenen metal konsantrasyonları Pb>Fe>Zn>Cu>Cd şeklinde sıralanabilir.

SKKY (2004)'de belirlenen inorganik kirlilik sınır değerlerine göre Tunca Nehri kadmiyum bakımından 1. sınıf, demir, bakır ve çinko bakımından 2. sınıfa yakın bir değerde bulunurken, kurşun bakımından 4. sınıfa dahil olmaktadır

Nehirde daha önce Uluçam (1997) tarafından gerçekleştirilen çalışmada Fe değerlerinin 0.0030-0.0498 mg/L, Cu değerlerinin 0.0115-0.2340 mg/L arasında değiştiği gözlenmiştir. Bu değerler, bizim çalışmamızda elde edilen bulgular ile karşılaştırıldığında, bakır miktarında önemli bir değişim gözlenmezken, zamanla demir konsantrasyonunun arttığı belirlenmiştir.

Tunca Nehri sediment örneklerinde yapılan ağır metal iyonları analizi sonuçlarına göre, yıllık ortalama Fe miktarı 195.34 mg/g, Cu miktarı 1.63 mg/g, Zn miktarı 3.80 mg/g, Pb miktarı 65.25 mg/g ve Cd miktarı 0.00 mg/g olarak tespit edilmiştir. Sedimentte yapılan ağır metal analizi sonucunda tüm metallerin farklı miktarlarda biriktiği belirlenmiştir. Söz konusu elementlerin taban çamurunda konsantrasyonları arasındaki sıralama Fe>Pb>Zn>Cu>Cd şeklinde bulunmuştur.

Buna göre, sediment örneklerinin, Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 3 Ağustos 2010 tarihli Resmi Gazete'de yayınlanan "Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik"te belirlenen sınır değerleri aştığı kaydedilmiştir (*http://www2.cevreorman.gov.tr/yasa/y/27661.docx*, 2010).

Nehirde şimdiye dek yapılan çalışmalarda taban çamurunun ağır metal içeriği belirlenmemiş olduğundan, çalışmada kaydedilen verilerde, zamanla nasıl bir değişim olduğu konusunda bir yorum yapılamamıştır. Ancak, Tunca Nehri'nin sediment ve sudaki ağır metal konsantrasyonları göz önüne alındığında, sedimette suya oranla daha fazla birikim olduğu gözlenmiştir. Bu durum, sediment partiküllerinin suda bulunan metalleri bünyesine çekmesiyle ve molekül ağırlığı yüksek metallerin dibe çökmesiyle açıklanabilir (Kır ve ark., 2007).

Sonuç olarak her akarsuyun ekolojik bir dengesi vardır (Küçük, 2007). Ancak, evsel, tarımsal ve endüstriyel faaliyetler sonucunda akarsuya karışan maddeler, suların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin değişmesine neden olurlar. Su kirliliği olarak adlandırılan bu özellik değişimleri, aynı zamanda sularda yaşayan çeşitli canlıları da etkiler. Böylece su kirlenmesi, suya bağlı ekosistemlerin etkilenmesine ve ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Akarsular, su kalitesi açısından 4 gruba ayrılırlar (*http://www.cedgm.gov.tr/cevreatlasi/su.pdf*, 2004):

a- Yüksek Kaliteli Su (I. Sınıf)**:** Dezenfeksiyon ile içme suyu olarak, rekreasyonel amaçlar için (yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil), alabalık ve çiftlik hayvanları yetiştirmede kullanılır.

b- Az Kirlenmiş Su (II. Sınıf): İleri veya uygun bir arıtma ile içme suyu olarak, rekreasyonel amaçlar için, alabalık dışında balık üretimi için ve Teknik Usuller Tebliği'nde verilecek olan sulama suyu kalite sınırlarını sağlamak şartıyla sulama suyu olarak kullanılır.

c- Kirli Su (III. Sınıf): Gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren endüstriler hariç olmak üzere uygun arıtmadan sonra endüstriyel su temininde kullanılır.

d- Çok Kirlenmiş Su (IV. Sınıf): Yukarıda I., II. ve III. sınıfları için verilen kalite parametreleri bakımından daha düşük kalitedeki yüzeysel suları ifade eder.

Edirne il sınırları içerisindeki Tunca Nehri'nin bakteriyolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesinin yanı sıra bunların birbirleriyle olan ilişkilerinin tespit edilmesi kapsamında Eylül 2010-Ekim 2011 tarihleri arasında gerçekleştirilen bu çalışmada elde edilen veriler, SKKY (2004)'nin kıta içi su kaynakları kalite kriterlerine göre değerlendirilmiştir.

Buna göre, Tunca Nehri sıcaklık, pH, klorür, nitrat azotu, sülfat, fosfat ve kadmiyum değerleri açısından I. sınıf kalitede bulunurken, çözünmüş oksijen, nitrit azotu, demir, bakır, çinko açısından II. sınıf, toplam koliform, fekal koliform, biyolojik oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı ve kurşun değerleri bakımındansa IV. sınıf su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak, bu fiziksel ve kimyasal faktörlerden hiçbirinin tek başına akarsuda kirlilik düzeyi ve kalite derecesini belirleyemeyeceği göz önünde bulundurulmalı ve tüm veriler birlikte değerlendirilmelidir. Bu anlamda, Tunca Nehri'nin pek çok fiziksel ve kimyasal değer açısından canlıların yaşayabileceği koşullara sahip olduğu gözlenmesine rağmen, nehir suyunda saptanan bakteriyolojik bulguların insanlar tarafından suyun kullanımı açısından uygun olamaması nedeniyle, Tunca Nehri'nin SKKY(2004)'de belirtilen IV. sınıf su (çok kirlenmiş su) kalitesinde olduğu söylenebilir.

Nehirde, özellikle Edirne şehir merkezinden geçen örnekleme istasyonlarında yüksek düzeyde koliform, fekal koliform ve *E. coli* varlığı tespit edilmiştir. Ayrıca tüm örnekleme istasyonlarında ve her örnekleme döneminde suya dışkı bulaştığının göstergesi olan *E.coli*'ye rastlanmıştır. Bu durum, suyun kullanım açısından uygunluğunu sınırlamakla birlikte, diğer patojen mikroorganizmaların nehir suyunda bulunması ihtimalini de akla getirmektedir. Yine evsel, tarımsal ve endüstriyel atıkların, akarsulara karışarak, nehirlerde dirençli bakterilerin ortaya çıkmasını teşvik ettiği ve dirençliliğin yayılımında rezervuar görevi yaptığı bildirilmiştir (Toroğluve ark., 2006).

Akarsularda kimyasal parametre ölçümleri, sadece o anlık su kalitesi hakkında bilgi verir (Küçük, 2007). Tek başına kimyasal ölçümlerin etkili olabilmesi için, bunların sık aralıklarla tekrarlanması ve bir veri tabanı oluşturularak su kalitesinde meydana gelecek değişimlerin takip edilmesi gerekir (Küçük, 2007). Ayrıca, akarsuların

kullanılabilirlik düzeyleri belirlenirken, suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanı sıra, bentik ya da planktonik organizmalar açısından veya bakteriyolojik olarak değerlendirilmesi daha güvenilir sonuçlar verecektir. Bu nedenle, dünyada ve Türkiye'de, su kalitesinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda, suyun fiziksel ve kimyasal özellikleriyle birlikte bazı mikrobiyolojik analizlerinin yapılması da giderek daha fazla önem kazanmıştır (Öterler, 2003; Çolakoğlu ve Çakır, 2004; Hunt ve Sarıhan, 2004; Hill ve ark., 2005; Agbogu ve ark. 2006; Küçük, 2007; Niemi ve Raateland, 2007; Sabae ve Rabeh, 2007; Mishra ve Batt., 2008; Gugliandolu ve ark., 2009; Mishra ve ark., 2009, 2010; Saha ve ark., 2009; Bulut ve ark., 2010; Kumar ve ark., 2010; Venkatesharaju ve ark., 2010; Taş ve ark., 2011).

Tunca Nehri'nden yakalanan balıklar, çevre yerleşim bölgelerinin halkı tarafından tüketildiği gibi, yine nehirden temin edilen sularla meyve ve sebze alanları sulanmakta ve elde edilen ürünlerin ticareti yapılmaktadır. Yapılan bu faaliyetler, su kullanımına bağlı olarak, hiç kuşkusuz, potansiyel tehlikeleri de beraberinde getirecektir.

Tunca Nehri'nde tespit edilen bir başka problem de yaz aylarında nehirden aşırı miktarda su çekilmesi ve buna bağlı olarak su seviyesinin düşmesidir. Suakacağı, Hatipköy, Yolüstü ve Değirmenyeni köylerinin bulunduğu bölgede yoğun şekilde sulu tarım (özellikle çeltik) yapılmaktadır. Arazinin eğimli olması sebebiyle çekilen su ile birlikte tarlalarda kullanılan zirai ilaçlar ve kimyasal gübreler tekrar nehire dönmektedir.

Bizim çalışmamız ile Tunca Nehri'nde daha önce yapılan çalışmalar karşılaştırıldığında, nehrin su kalite parametrelerinde bir takım değişikliklerin meydana geldiği gözlenmiş olup, bazı kimyasal parametrelerin değerleri bugünkü haliyle, kabul edilebilir kriterlerin üzerine çıkmıştır. Nüfus artışı, sanayileşme gibi etkenlerin hızla arttığı düşünülecek olursa, kirlilik seviyesinin daha da artacağı açıktır.

Etkili havza yönetimleri ve geliştirilmiş simülasyon teknikleriyle su kalitesinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalara yer verilmesi, kirlenmekte olan akarsuların

iyileştirilmesi konusunda yapılan önerilerin başında yer alır (Hunt ve Sarıhan, 2004). Doğal kaynakların ekolojik prensiplerle yönetilmesi gerektiği gerçeğine dayanarak, doğal kaynakların bütüncül ve sürdürülebilir yönetimi için havza ölçeğinde bir planlama ve yönetimin geliştirilmesi, ve aynı zamanda katılımcılığın her aşamada dikkate alınması gerekmektedir (Karadağ ve Barış, 2009). Bu yöntemler Tunca Nehri'ne de uygulanabilir ve böylece kirlenmeye karşı daha etkili ve kalıcı çözümler yaratılabilir.

Sonuç olarak, etkili bir havza yönetimi adına, Tunca Nehri'nin mevcut kirliliğinin giderilmesi ya da daha fazla kirlenmesinin engellenmesi için, akarsuya ulaşan kirlilik kaynakları özenle belirlenmelidir. Nehrin kıyısındaki foseptik ve ahırlar uzaklaştırılmalı, kanalizasyonun ve atık suların nehre karışması önlenmelidir. Tunca Nehri'nin su kalitesinin izlenmesi açısından, analizler sık aralıklarla yapılmalı, bu şekilde bir veri tabanı oluşturulmalı ve suyun kalitesinde meydana gelen değişimler düzenli olarak kaydedilmelidir.

6. KAYNAKLAR

Agbogu, V.N., Umoh, V.J., Okuofu, C.A., Smith, S.I., Ameh, J.B., 2006. Study of the Bacteriological and Physico-Chemical Indicators of Pollution of Surface Waters in Zaria, Nigeria, African Journal of Biotechnology 5(9): 732-737.

Ağaoğlu, S., Alişarlı, M., Alemdar, S., Dede, S., 2007. Van Bölgesi İçme ve Kullanma Sularında Nitrat ve Nitrit Düzeylerinin Araştırılması, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 18(2): 17-24.

Ağaoğlu, S., Ekici, K., Alemdar, S., Dede, S., 1999. Van ve Yöresi Kaynak Sularının Mikrobiyolojik, Fiziksel ve Kimyasal Kaliteleri Üzerine Araştırmalar, Van Tıp Dergisi, 6(2): 30-33.

Atabey, E., 2010. Türkiye'de İnsan Kaynaklı (Antropojenik) Unsurlar ve Çevresel Etkileri, Kuban Matbaacılık Yayıncılık, Ankara. ISBN: 978-605-4075-77-5. 286s.

Atlas, R.M., 1997. Principles of Microbiology, Second Edition, Wm. C. Brown Publishers, 1298 pp.

Balcı, R.S., 2007. Seyhan Baraj Gölünün Bakteriyolojik Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi ve *Enterobacteriaceae* Üyelerinde Antibiyotik Dirençliliği, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 89s.

Brock, T.D., Madigan, M.T., 1991. Biology of Microorganisms, Prentice Hall Englewood Cliffs, New Jersey. Sixth Edition. ISBN: 0-13-083817-9. 874 pp.

Bulut, C., Akçimen, U., Uysal, K., Küçükkara, R., Savaşer, S., 2010. Karanfilliçay Deresi Suyunun Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Parametrelerinin Mevsimsel Değişimi ve Akuakültür Açısından Değerlendirilmesi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı: 21, 7s. ISSN- 1302-3055.

Çakır, İ., 2000. Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda mühendisliği Bölümü, 2. Baskı, 12. Bölüm, Sim Matbaası, Ankara. 522s.

Çamur-Elipek, B., And Arslan, N., Kırgız, T., Öterler, B., 2006, Benthic Macrofauna In Tunca River (Turkey) and Their Relationships With Environmental Variables, Acta Hydrochimica Hydrobiologica Vol:34, Issue:4, 360-366.

Çiçek, A., Atik, S., Yavuz, Y., Bilge, F., Gence, S., Banar, M., Döğeroğlu, T., Kara, S., 1997. Metal İşlem Sanayii Atıksularının Toksikolojik ve Ekolojik Risklerinin Değerlendirilmesi, III. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, Kırşehir. 15s.

Çolakoğlu, F., Çakır, F., 2004. Sarıçay Akarsuyunun Mikrobiyolojik Kalitesi, Türk Sucul Yaşam Dergisi, Yıl:2, Sayı:3, 320-327.

Durhasan, D., 2006. Baraj Göllerinden Su Temininde Derinliğin Su Kalitesine Etkileri, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 68s.

Egemen, Ö., Sunlu, U., 1999. Su Kalitesi Ders Kitabı III. Baskı, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayın No:14, İzmir. ISBN: 975-483-141-6. 148s.

Elmacı, A., Teksoy, A., Topaç, F., O., Özengin, N., Başkaya, H., S., 2008. Ulubat Gölü'nün Mikrobiyolojik Özelliklerinin Mevsimsel Değişiminin İzlenmesi, Uludağ Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt:13, Sayı:1.

Erdem, E., 2006. Mersin - Tarsus Arasında Alüvyon Akiferde Yeraltı Suyu Kirliliğinin Fotometrik Ölçümler İle Araştırılması, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 98s.

Erkan, M.E., Vural, A., 2006. Dicle Nehri'nin Hijyenik Kalitesi Üzerine Bir Araştırma, Dicle Tıp Dergisi, Cilt:33, Sayı:4, 205-209.

Genç, S., 2006. Edirne Tunca Bölgesinde Sürdürülebilir Yerleşmenin Yeniden Biçimlendirilmesi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 108s.

Georgieva, N., Yaneva, Z., Dospatliev, L., 2010. Analyses Of Natural Water Quality in Stara Zagora Region According to the Parameters Sulfates And Chlorides, Trakia Journal of Sciences, Vol: 8, Suppl: 2, 517-524.

Gökmen, S., 2007. Genel Ekoloji, Nobel Yayın Dağıtım Ltd Şti., Ankara. ISBN 978-9944-77-170-2. 475s.

Gugliandolo, C., Lentini, V., Fera, M.T., Camera, E.L., Maugeri, T.L., 2009. Water Quality And Ecological Status of The Alcantara River Estuary (Italy), New Microbiologica, 32, 77-87.

Halkman, K., 2005. Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları, Başak Matbaacılık Ltd. Şti., Ankara. 358s.

Hill, D.D., Owens, W.E., Tchounwou, B.P., 2005. Comparative Assessment of the Physico-Chemical and Bacteriological Qualities of Selected Streams in Louisiana, International Journal of Environmental Research and Public Health, 2(1): 94-100.

Hunt, A.Ö., Sarıhan, E., 2004. Seyhan Nehri'nin Kollarından Birini Oluşturan Sarıçam Deresi'nin Fizikokimyasal ve Bakteriyolojik Özellikleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, Cilt:2, Sayı:12(2): 51-58.

Janeva, I.J., Russev, B.K., 1985. Trends in Changes of The Hydrobiological and Saprobiological State of The Tundzha River. II. May-November 1981. Hydrobiology (Sofia) 26, 15-36. (in Bulgarian with English summary).

Karadağ, A.A., Barış, M.E., 2009. Isparta İli Kovada Alt Havzası Katılımcı Havza Yönetimi Sürecinde Paydaş Analizi Araştırması, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 15(3): 259-269.

Kavaz, E., 1997. Tunca Nehri Bentik Makroomurgasız Faunası, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 38s.

Kayar, V.N., Çelik, A., 2003. Gediz Nehri Kimi Kirlilik Parametrelerinin Tayini ve Su Kalitesinin Belirlenmesi, Ekoloji Çevre Dergisi, 12: 17-22, 2003.

Kaynak, A., Taşdemir, Y., 2003. Anaerobik Stabilizasyon Havuzlarında Ağır Metal Giderimi: Bursa Örneği, Ekoloji Çevre Dergisi, Cilt:12, Sayı:46, 1-7.

Keeton, W.T., Gould, J.L., Gould, C.G., 2003. Genel Biyoloji. Trans. Ed.: Demirsoy, A., Türkan, İ., Gündüz, E. 5. Baskıdan Çeviri. Palme Yayıncılık. Orijinal ISBN:0-393-96223-7. ISBN:975-7477-58-3. 583s.

Kılınç, B., 2001. Su Ürünlerinde Listeria monocytogenes, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 18(3-4): 565-574.

Kır, İ., Özan, S.T., Tuncay, Y., 2007. Kovada Gölü'nün Su ve Sedimentindeki Bazı Ağır Metallerin Mevsimsel Değişimi, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 24(1-2): 155–158.

Kırankaya, Ş.G., Ekmekçi, F.G., 2005. Gelingüllü Baraj Gölü'nde Su Kalitesinin Balık Yaşamı Açısından Değerlendirilmesi, Türk Sucul Yaşam Dergisi, 3(4): 333-345.

Kırgız, T., Çamur, B., Arslan, N., 2005. Preliminary Study of Enchytraeidae (Oligochatea) in Tunca River, Proc. Estonion Acad. Sci. Biol. Ecol. 54(4): 310-314.

Kocataş, A., 2006. Ekoloji ve Çevre Biyolojisi, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları 51, 9. Baskı, İzmir. ISBN: 975-483-177-7. 597s.

Koru, E., Cirik, S., 2003. *Spirulina platensis (Cyanophyceae*) Mikroalg'inin Büyümesine ve Bazı Biyokimyasal Özelliklerine Sıcaklığın Etkisi, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 20(3-4): 419-422.

Kumar, A., Bisht, B.S., Joshi, V.D., Singh, A.K., Talwar, A., 2010. Physical, Chemical and Bacteriological Study of Water from Rivers of Uttarakhand, J. Hum. Ecol., 32(3): 169-173.

Küçük, S., 2007. Büyük Menderes Nehri Su Kalite Ölçümlerinin Su Ürünleri Açısından İncelenmesi, ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 4(1-2): 7-13.

Küçükyılmaz, M., Uslu, G., Birici, N., Örnekçi, N.G., Yıldız, N., Şeker, T., 2010. Karakaya Baraj Gölü Su Kalitesinin İncelenmesi, International Sustainable Water and Wastewater Management Symposium, Konya. 9s.

Madigan, M.T., Martinko, J.M., 2010. Brock Microorgazizmaların Biyolojisi, Trans. Ed.: Çökmüş, C. 11. Baskıdan Çeviri, Palme Yayıncılık. Orijinal ISBN:0-13-1443229-1. ISBN:978-605-5829-62-9. 479s.

Minareci, O., Öztürk, M., Minareci, E., 2004. Manisa Belediyesi Evsel Atık Su Arıtma Tesisinin, Gediz Nehrinin Ağır Metal Kirliliğine Olan Etkilerinin Belirlenmesi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 5(2): 135-139.

Mishra, A., Bhatt, V., 2008. Physico-Chemical and Microbiological Analysis of Under Ground Water in V.V Nagar and Near by Places of Anand District,Gujarat, India, E-Journal of Chemistry, 5(3): 487-492.

Mishra, A., Bhatt, V.D., Sevak, N., Shah, P., Patel, K., Patel, C., 2010. Comparative Study of Physico-Chemical and Microbial Parameters on Lotic And Ground-Waters in Selected Outlying Areas Of Central Gujarat, J. Chem. Pharm. Res., 2(4): 174-177.

Mishra, A., Mukherjee, A., Tripathi, B.D., 2009. Seasonal and Temporal Variations in Physico-Chemical and Bacteriological Characteristics of River Ganga in Varanasi, Int. J. Environ. Res., 3(3): 395-402.

Niemi, J., Raateland, A., 2007. River water Quality in the Finnish Eurowaternet, Boreal Environment Research, 12: 571-584.

Niewolak, S., Golas, I., 2000. Estimation of the Degree of Pollution and Sanitary and Bacteriological State of Underground and Surface Waters in Omulewski Aquifer Area After Liquidation of Large Cattle and Pig Farms, Polish Journal of Environmental Studies, 9(6): 487-503.

Odum, E.P., Barrett, G.W., 2005. Ekolojinin Temel İlkeleri, Trans. Ed.: Işık, K. 5. Baskıdan Çeviri, Palme Yayıncılık. Orijinal ISBN: 0-534-42066-4. ISBN: 978-9944-341-74-5. 598s.

ORSAM, 2011. Ortadoğu Stratejik Araştırmalar Merkezi (ORSAM) Su Araştırmaları Programı, Meriç Nehri Havzası Su Yönetiminde ‘‘Uluslararası İşbirliği’’ Zorunluluğu, Nisan 2011. Rapor No: 4, 47s.

Öner, M., 2004. Genel Mikrobiyoloji, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi 94, 5. Baskı, İzmir. ISBN: 975-483-184-X. 380s.

Öterler, B., 2003. Tunca Nehri Fitoplanktonu ve Su Kalitesi İle Olan İlişkilerinin İncelenmesi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 68s.

Pichhardt, K. 2006. Gıda Mikrobiyolojisi. Trans. Ed.: Sekin, Y., Karagözlü, N. Literatür Yayıncılık, 4. Baskıdan Çeviri. ISBN:975-04-0190-5. 358s.

Rifaat, H.M., 2007. Bacterial Quality of River Nile Water at Cairo Region in Egypt, Finnish Peatland Society, 59(1-2): 1-8.

Roelevink, A., Udo, J., Koshinchanov, G., Balabanova, S., 2010. Flood forecasting systrem for the Maritsa and Tundzha Rivers, BALWOIS 2010, Ohrid, Republic of Macedonia . 25- 29 May 2010. 14 pp.

Russev, B.K., Nikolova, M.I., Dimitrova, M.A., 1984. Hydrobiological and Saprobiological Alterations in The Tundzha River. I. 1995-1967. Hydrobiology (Sofia) 22, 59-73. (in Bulgarian with English summary).

Sabae, Z.S., Rabeh, A.S., 2007. Evaluation of The Microbial Quality of the River Nile Waters at Damietta Branch, Egypt, Egyptian Journal of Aquatıc Research, Vol.: 33, No:1, 301-311.

Saha, M.L., Khan, M.R., Ali, M., Hoque, S., 2009. Bacterial Load and Chemical Pollution Level of the River Buriganga, Bangladesh J. Bot. 38(1): 87-91.

Servais, P., Billen, G., Goncalves, A., Armisen, T., 2007. Modelling Microbiological Water Quality in the Seine River Drainage Network Past, Present and Future Situations, Hydrology and Earth System Sciences, 11, 1581-1592.

SKKY, 2004. Su kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 31.12.2004 Tarih ve 25687 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.

Tanyolaç, J., 2000. "Limnoloji", Hatiboğlu Yayınları No:67, Ankara. ISBN: 975-7527-46-7. 237s.

Taş, B., Candan, A.Y., Can, Ö., Topkara, S., 2010. Ulugöl (Ordu)'ün Bazı Fiziko-kimyasal Özellikleri, Journal of Fisheries Sciences.com, DOI:10.3153/jfscom.2010027. 10s.

Taş, M., Kırgız, T., Arslan, N., 2011. Dynamics of Oligochaeta Fauna in Sazlidere Stream (Edirne, Turkey) With Relation to Environmental Factors, Acta Zoologica Bulgarica, 63 (2): 179-185.

Taş, M., Çetin, M., 2011. Gökgöl (Ordu-Türkiye)'ün Bazı Fiziko-kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi, ODU Fen ve Mühendislik Dergisi, 1(1): 60-69.

Taşdemir, M., Göksu, Z.L., 2001. Asi Nehri'nin (Hatay, Türkiye) Bazı Su Kalite Özellikleri, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 18 (1-2): 55-64.

Tepe, Y., Ateş, A., Mutlu, E., Töre, Y., 2006. Hasan Çayı (Erzin-Hatay) Su Kalitesi Özellikleri ve Aylık Değişimleri, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, Cilt:23, Ek(1/1):149-154.

Toroğlu, E., Toroğlu, S., Alaeddinoğlu, F., 2006. Aksu Çayı'nda (Kahramanmaraş) Akarsu Kirliliği, Coğrafi Bilimler Dergisi, 4 (1): 93-103.

Tortora, G.J., Funke, B.R., Case, C.L., 2007. Microbiology: An Introduction, Ninth Edition, Pearson Education Benjamin Cummings Publishers, 958pp.

Uluçam, G., 1997. Tunca Nehrinde Kimyasal Kirliliğin Araştırılması ve Sonuçta Ortaya Çıkacak En Yüksek Kimyasal Kirliliğin Giderilmesi İçin Uygulanacak Arıtma Metodunun İncelenmesi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 153 s.

Unat, E.K., 1997. Temel Mikrobiyoloji, İstanbul Üniversitesi Basım Evi, İstanbul. ISBN: 975-404-461-9. 701s.

Uzunov, J.I., 1980. Water Oligochets (Oligochaeta, Limicola) from Some Bulgarian Rivers. Frequency and Domination. Hydrobiology 12, 79-89. (in Bulgarian with English summary).

Uzunov, Y., Kapustina, L., 1993. Current Review on Oligochaeta from Macrozoobenthic Communities of the Bulgarian Rivers. Lauterbornia 13: 73-83.

Ünlü, A., Çoban, F., Tunç, M.S., 2008. Hazar Gölü Su Kalitesinin Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler Açısından İncelenmesi, Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Der., Cilt:23, No:1, 119-127.

Varol, S., Davraz, A., Varol, E., 2008. Groundwater Chemistry and Assessment of Its Effect on Health from the Aspect of Medical Geology, TAF Preventive Medicine Bulletin, 7(4):351-356.

Vassilev, M., Apostolou, A., Velkov, B., İvanova, P., Panayotova, M., Dobrev, D., Pehlivanov, L., 2010. Status of Gobiid Ichtyofauna (Gobiidae) In Bulgaria: Taxonomical, Conservative, Ecological and Social Aspects. Natura Montenegrina, Podgorica, 10(2): 115-124.

Venkatesharaju, K., Ravikumar, P., Somashekar, R.K., Prakash, K.L., 2010. Physico-Chemical and Bacteriological Investigation on the River Cauvery of Kollegal Stretch in Karnataka, Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology, Cilt:6, Sayı:1, 50-59.

http://www2.cedgm.gov.tr/icd_raporlari/edirneicd2008.pdf, 2008. Edirne İli Çevre Durum Raporu, 2008. T.C. Edirne Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 220s.

http://www2.cevreorman.gov.tr/yasa/y/27661.docx; 2010. Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik, 3 Ağustos 2010 Salı Tarih ve 27661 Sayılı Resmi Gazete.

http://www.cedgm.gov.tr/cevreatlasi/su.pdf; 2004. Türkiye Çevre Atlası, Çevre ve Orman Bakanlığı, 472s.

ÖZGEÇMİŞ

1988, Edirne doğumlu Pınar ALTINOLUK, ilköğrenimini “Özel Edirne Beykent Koleji”nde, ortaöğrenimini “Edirne Beykent Lisesi”nde tamamlamıştır. 2005-2009 yılları arasında Trakya Üniversitesi Biyoloji Bölümü’nde lisans eğitimini tamamladıktan sonra 2009 yılında Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında Yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Halen aynı programda, Hidrobiyoloji alanında eğitimini sürdürmektedir.

Yabancı dili İngilizce’dir.