

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MUDURNU DERESİ VE KOLLARINDA
SU KALİTESİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çev.Müh. İlksen BAYRAKTAR

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Nurtaç ÖĞLENİ

Haziran 2007

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MUDURNU DERESİ VE KOLLARINDA
SU KALİTESİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çev.Müh. İlksen BAYRAKTAR

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 01 / 06 /2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

**Yrd. Doç. Dr. Nurtaç ÖĞLENİ
Jüri Başkanı**

**Prof. Dr. Recep İLERİ
Üye**

**Yrd. Doç. Dr. Aynur MANZAK
Üye**

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tezimin hazırlanması süresince her türlü yardım ve fedakarlığı gösteren, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım saygıdeğer hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Nurtaç ÖĞLENİ' ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, Lisans ve Yüksek Lisans eğitimlerim sırasında bilgilerini bizden esirgemeyen, bizlere yakın ilgi ve alaka gösteren, Çevre Mühendisliği Bölümü' nün kıymetli hocalarına teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan, laboratuvar imkanlarından yararlanmamı sağlayan İski Genel Müdürü Sayın Dursun Ali ÇODUR' a, Akyazı Belediye Başkanı Sayın Yaşar YAZICI' ya ve Paşaköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi çalışanlarına teşekkür ederim.

Ayrıca, tez çalışmamla yakından ilgilenen, Endüstri Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Yrd. Doç Dr. Bayram TOPAL' a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans çalışmam süresince, maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen, bana çalışma hırısı aşıl原因 ve en zor zamanlarımda yanımda olan sevgili aileme ithaf ederim.

İlksen BAYRAKTAR

Mayıs 2007

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
TABLolar LİSTESİ.....	xiv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY.....	xviii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
------------	---

BÖLÜM 2.

ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI.....	4
2.1. Akyazı'nın Tarihi.....	4
2.2. Fiziksel Özellikler.....	6
2.2.1. Coğrafi durum.....	6
2.2.1.1. Samanlı dağları.....	6
2.2.1.2. Yaylalar.....	7
2.2.2. Topografya.....	9
2.2.3. Jeolojik yapı.....	10
2.2.3.1. Adapazarı-Akyazı arasının jeolojisi.....	11
2.2.4. Akarsular - Göller - Barajlar.....	13

2.2.4.1. Sülüklü göl.....	13
2.2.4.2. Mudurnu deresi.....	14
2.2.4.3. Ballıkaya barajı.....	14
2.3. Hidrolojik Özellikler.....	15
2.4. Meteorolojik Özellikler.....	16
2.4.1. Yağış.....	16
2.4.2. Sıcaklık.....	17
2.4.3. Nem.....	18
2.4.4. Rüzgar.....	19
2.5. Yeraltı Suyu Durumu.....	20
2.6. İklim.....	21
2.7. Toprak Yapısı.....	22
2.8. Bitki Örtüsü.....	22
2.9. Deprem Durumu.....	22
2.10. Kuzuluk Kaplıcaları.....	23
2.11. Nüfus.....	23
2.11.1. Köyler.....	24
2.11.2. Beldeler.....	25
2.12. Sosyo-Ekonomik Durum.....	26
2.12.1. Tarım.....	26
2.12.2. Hayvancılık.....	27
2.12.3. Sanayi.....	27
2.12.4. Ticaret.....	28
2.13. Turizm.....	28
2.14. Kültür ve Tabiat Varlıkları.....	28
2.15. Ulaşım.....	29
2.16. İlçedeki Taşkın ve Atıksu Arıtma Tesisleri.....	30
2.17. Mudurnu Deresi' ni Kirleten Kaynaklar.....	32
2.17.1. Sanayiden kaynaklanan kirlilik.....	32
2.17.1.1. Akyazı ilçesindeki sanayi tesisleri.....	32
2.17.2. Endüstriyel kaynaklı kirlilik.....	33
2.17.3. Evsel Kaynaklı Kirlilik.....	34
2.17.3.1. Akyazı ilçe merkezinden kaynaklanan kirlilik....	34

2.17.3.2. Diğer yerleşim birimlerinden kaynaklanan kirlilik.....	34
2.17.4. Tarım ve tarım ilaçlarından kaynaklanan kirlilik.....	34
2.17.4.1. Kullanılan gübre cinsleri ve miktarları.....	34
2.17.5. Diğer Kirleticiler.....	36
2.17.5.1. Orman alanları.....	36
2.17.5.2. Meralar.....	36
2.17.5.3. Akyazı çöp alanı.....	36

BÖLÜM 3.

NUMUNE ALIMI VE İNDİKATÖR SEÇİMİ.....	37
3.1. Makroinvertebratlar Hakkında Genel Bilgi.....	37
3.2. Makroinvertebrat Numune Alımı ve Saklanması.....	48
3.2.1. Dünyada kabul gören biyotik indeksler.....	50
3.2.1.1. Biyolojik izleme çalışma grubu skor sistemi (BMWP).....	51
3.2.1.2. Trent biyotik indeks (TBI).....	54
3.2.1.3. Ortalama skor yüzdesi (ASPT).....	55
3.2.1.4. Belçika biyotik indeksi (BBI).....	57
3.2.1.5. Shannon indeksi.....	58
3.2.1.6. Simpson indeksi.....	58
3.2.1.7. Margalef indeksi.....	59
3.2.1.8. Hilsenhoff's familya seviye biyotik indeksi (FBI).....	59
3.2.1.9. Danimarka fauna indeksi.....	61
3.2.1.10. O/C indeksi.....	64
3.2.1.11. Bentik kalite indeksi (BQI).....	64
3.2.1.12. Biyolojik indis (IB).....	65
3.2.1.13. Chandler skor sistemi.....	65
3.2.1.14. Genel kalite için biyolojik indis ve global biyolojik indis (IBG).....	67
3.2.1.15. Göl invertebrat tayini ve sınıflaması (RIVPACS)..	69
3.2.1.16. Lincoln kalite indeksi (LQI).....	71

3.2.1.17. Makroinvertebrat topluluk indeksi (MCI).....	72
3.3. Su Numunesi Alımı ve Saklanması.....	72
3.3.1. Numune alma sıklığı.....	76
3.3.2. Su kalite standartları.....	77
3.4. Literatür Çalışması.....	84
3.4.1. Dünyada biyotik indeks kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar.....	84
3.4.2. Türkiye’ de biyotik indeks kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar.....	91
BÖLÜM 4.	
MATERYAL VE METOT.....	95
4.1. Materyal.....	95
4.1.1. Numunelerin alındığı noktalar.....	95
4.2. Metot.....	97
4.2.1. Makroinvertebratların örnekleme.....	97
4.2.2. Kimyasal parametrelerin analizinde uygulanan metotlar....	97
4.2.2.1. Amonyum azotu ölçümü (NH_4^+ -N).....	97
4.2.2.2. Fenol tüp test – 14551.....	97
4.2.2.3. Toplam Kjeldahl azotu (TKN).....	98
4.2.2.4. Toplam fosfor tayini (T – P).....	98
4.2.2.5. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ).....	99
4.2.2.6. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ).....	100
4.2.2.7. Nitrat tüp test (NO_3^- - N).....	101
4.2.3. İstatistiksel analiz.....	101
4.2.3.1. T – testi.....	101
BÖLÜM 5.	
BULGULAR.....	105
5.1. Faunal Bulgular.....	105
5.2. Kimyasal ve Organik Parametrelerin Analiz Sonuçları.....	114
5.3. Biyolojik Bulgular.....	125

5.4. Su Kalitesi Sınıflarının Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi.....	126
5.4.1. 1 nolu örnekleme noktasının su kalitesinin değerlendirilmesi.....	128
5.4.2. 2 nolu örnekleme noktasının su kalitesinin değerlendirilmesi.....	129
5.4.3. 3 nolu örnekleme noktasının su kalitesinin değerlendirilmesi.....	130
5.4.4. 4 nolu örnekleme noktasının su kalitesinin değerlendirilmesi.....	130
5.4.5. 5 nolu örnekleme noktasının su kalitesinin değerlendirilmesi.....	131
5.4.6. Kalite sınıflarının genel olarak değerlendirilmesi.....	131
5.5. İstatistiksel Analiz Sonuçları.....	132
BÖLÜM 6.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	137
KAYNAKLAR.....	147
ÖZGEÇMİŞ.....	153

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Deprem ivmesi (Acceleration)
AKM	: Askıda katı madde
As	: Arsenik
ASPT	: Average score per taxon
A.Ş.	: Anonim şirketi
AT	: Avrupa topluluğu
AusRivAS	: Australian rivers assessment system
B	: Bor
Ba	: Baryum
BBI	: Belgian biotic index
Be	: Berilyum
BMWP	: Biological monitoring working party
BOI	: Biyokimyasal oksijen ihtiyacı
BQI	: Benthic quality index
C	: Karbon
C ⁰	: Santigrat derece
CANON	: Canonical correlation analysis
Cd	: Kadmiyum
Cl ⁻	: Klorür iyonu
Cl ₂	: Serbest klor
cm	: Santimetre
CN ⁻	: Siyanür
Co	: Kobalt
CO ₂	: Karbondioksit
Cr	: Toplam krom
Cr ⁺⁶	: Krom
Cu	: Bakır

ÇO	: Çözünmüş oksijen
D – B	: Doğu - batı
D.S.İ	: Devlet su işleri
EMS	: En muhtemel sayı
EPT	: Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera
F ⁻	: Florür
FBI	: Hilsenhoff' s family biotic index
Fe	: Demir
Fr	: Fransız
G	: Kılavuz
H'	: Shannon indeksi
ha	: Hektar
Hg	: Civa
I	: Zorunlu
IB	: Indices biologic
IBG	: Indices biologic global
K	: Potasyum
kg	: Kilogram
kg/gün	: Kilogram/gün
K – G	: Kuzey - güney
km	: Kilometre
km ²	: Kilometrekare
KOI	: Kimyasal oksijen ihtiyacı
log S	: Tür zenginliği/Kilit takson miktarı
L/sn	: Litre/saniye
LQI	: Lincoln quality index
Ltd	: Limited
m	: Metre
m ³	: Metreküp
m ³ /sn	: Metreküp/saniye
mg	: Miligram
mg/L	: Miligram/litre
mm	: Milimetre

MANCOVA	: Multivariate analysis of variance and covariance
mb	: Milibar
MCI	: Macroinvertebrate community index
Mn	: Mangan
M.T.A	: Maden tetkik arama
μg	: Mikrogram
N	: Bir populyasyondan alınan örnekteki bireylerin sayısı
n	: Bir türe ait organizmaların sayısı
Na^+	: Sodyum
NFAM	: Number of families
$\text{NH}_3^- - \text{N}$: Serbest amonyak azotu
$\text{NH}_4^+ - \text{N}$: Amonyum azotu
n_i	: Bir populyasyondan alınan örnekteki bir türe ait bireylerin sayısı
Ni	: Nikel
NNW	: North north west
$\text{NO}_2^- - \text{N}$: Nitrit azotu
$\text{NO}_3^- - \text{N}$: Nitrat azotu
NW	: North west
NWC	: Naturel water class
O	: İstisnai iklimsel ya da coğrafik şartlar
O/C	: Oligochaetes/Sediment
Ort	: Ortalama
Paz	: Pazarlama
Pb	: Kurşun
pH	: Asitlik-bazlık derecesi
$\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$: Toplam fosfor
Pt – Co	: Platin-Kobalt
PVC	: Polivinil klorür
QMCI	: Quantitative version of macroinvertebrate community index
RIVPACS	: River invertebrate prediction and classification system
S	: South

S^2	: Varyans
$S^=$: Sülfür
s	: Bir örnekteki ya da populusyondaki türlerin sayısı
San	: Sanayi
Se	: Selenyum
SEC	: Seperable with coliform
S.K.K.Y.	: Su kirliliği kontrol yönetmeliği
$SO_4^=$: Sülfat iyonu
SPSS	: Statistical package for social sciences
STW	: Sewage treatment works
S.Ü.	: Sistematik ünite
SSW	: South south west
SW	: South west
t_{sn}	: Sınır değer
TBI	: Trent biotic index
TC	: Türkiye Cumhuriyeti
TEM	: Trans european motorway
Tic	: Ticaret
TKN	: Toplam Kjeldahl azotu
V	: Vanadyum
v	: Serbestlik derecesi
vb.	: Ve benzeri
W	: West
WFD	: Water framework directive
WIDNR	: Wisconsin department of natural resources
WSW	: West south west
YTL	: Yeni Türk Lirası
Zn	: Çinko

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Akyazı' dan bir görünüm.....	5
Şekil 2.2. Samanlı Dağları' ndan bir görünüm.....	7
Şekil 2.3. Adapazarı-Akyazı arasında kalan bölgenin MTA Genel Müdürlüğü'nce hazırlanmış haritası.....	13
Şekil 2.4. Sülüklü Göl.....	14
Şekil 2.5. Ortalama nisbi nem - en düşük nisbi nem ile ilgili bilgiler.....	19
Şekil 2.6. Yönlerine göre ortalama rüzgar esme sayıları ve hızları.....	19
Şekil 3.1. Kick-sampling yöntemiyle örneklerin toplanması.....	39
Şekil 3.2. İnvertebratların ayıklanması.....	39
Şekil 3.3. Caenidae familyasına ait bir tür.....	40
Şekil 3.4. Leptophlebidae familyasına ait bir tür.....	41
Şekil 3.5. Baetidae familyasına ait türler.....	41
Şekil 3.6. Gomphidae familyasına ait bir tür.....	42
Şekil 3.7. Leptoceridae familyasındaki türlere ait kısımlar.....	45
Şekil 3.8. RIVPACS modeli.....	71
Şekil 4.1. Mudurnu Deresi, fabrikalar ve numune alma noktaları.....	96
Şekil 5.1. 6 aylık ortalama BMWP biyotik skor değerleri.....	109
Şekil 5.2. 6 aylık ortalama TBI biyotik skor değerleri.....	110
Şekil 5.3. 6 aylık ortalama BBI biyotik skor değerleri.....	110
Şekil 5.4. 6 aylık ortalama ASPT değerleri.....	111
Şekil 5.5. 6 aylık ortalama Margalef indeksi değerleri.....	112
Şekil 5.6. 6 aylık ortalama Shannon&Weaver indeksi değerleri.....	113
Şekil 5.7. 6 aylık ortalama Simpson indeksi değerleri.....	114
Şekil 5.8. 6 aylık ortalamalara göre KOİ değişimi.....	115
Şekil 5.9. 6 aylık ortalamalara göre BOİ değişimi.....	117
Şekil 5.10. 6 aylık ortalamalara göre amonyum azotu değişimi.....	118

Şekil 5.11. 6 aylık ortalamalara göre nitrat azotu değişimi.....	120
Şekil 5.12. 6 aylık ortalamalara göre fenol değişimi.....	121
Şekil 5.13. 6 aylık ortalamalara göre fosfor değişimi.....	123
Şekil 5.14. 6 aylık ortalamalara göre TKN değişimi.....	124

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Akyazı ilçesinin arazi varlığı, sulama, arazi dağılımı.....	10
Tablo 2.2. Mudurnu Deresi' nin su potansiyelinin mevsimsel değişimi.....	16
Tablo 2.3. Yağış bilgileri tablosu.....	17
Tablo 2.4. Sıcaklık bilgileri tablosu.....	18
Tablo 2.5. Rüzgar bilgileri tablosu.....	20
Tablo 2.6. Akyazı ilçesindeki köyler.....	24
Tablo 2.7. Tarım arazilerinin dağılımı.....	27
Tablo 2.8. Akyazı ilçesindeki taşkın tesisleri.....	31
Tablo 2.9. Gübre cinsi – miktarı.....	35
Tablo 3.1. BMWP skor sistemi.....	52
Tablo 3.2. Biyolojik skorlama ile NWC sınıfları arasındaki bağıntı.....	53
Tablo 3.3. Ölçeklendirilmiş kalite kategorisi.....	54
Tablo 3.4. Trent biyotik indeks.....	55
Tablo 3.5. ASPT indeks.....	56
Tablo 3.6. Belçika biyotik indeksi.....	57
Tablo 3.7. Belçika biyotik indeks skoru ile kalite sınıfları arasındaki ilişki.....	58
Tablo 3.8. Hilsenhoff's biyotik indeksi için su kalite sınıflandırması.....	61
Tablo 3.9. Farklılık grupları, pozitif ve negatif.....	62
Tablo 3.10. Danimarka fauna indeksi için indikatör dağılımı.....	62
Tablo 3.11. Chandler biyotik indeks.....	66
Tablo 3.12. Global biyolojik indis.....	68
Tablo 3.13. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri.....	79
Tablo 3.14. Avrupa topluluğu su kalite kriterlerine göre kalite sınıfları.....	82
Tablo 4.1. Oxitop numune hacimleri.....	101
Tablo 4.2. T-dağılımı değerleri.....	104

Tablo 5.1. Kasım 2006 tarihli numunenin biyotik indekslere göre değerlendirilmesi.....	105
Tablo 5.2. Aralık 2006 tarihli numunenin biyotik indekslere göre değerlendirilmesi.....	105
Tablo 5.3. Ocak 2007 tarihli numunenin biyotik indekslere göre değerlendirilmesi.....	106
Tablo 5.4. Şubat 2007 tarihli numunenin biyotik indekslere göre değerlendirilmesi.....	106
Tablo 5.5. Mart 2007 tarihli numunenin biyotik indekslere göre değerlendirilmesi.....	106
Tablo 5.6. Nisan 2007 tarihli numunenin biyotik indekslere göre değerlendirilmesi.....	107
Tablo 5.7. 6 aylık ortalama değerlerin indekslere göre değerlendirilmesi.....	107
Tablo 5.8. Örnekleme noktalarının ASPT (Average Score Per Taxon)' a göre değerlendirilmesi.....	111
Tablo 5.9. Örnekleme noktalarının Margalef İndeksi' ne göre değerlendirilmesi.....	111
Tablo 5.10. Örnekleme noktalarının Shannon ve Weaver İndeksi' ne göre değerlendirilmesi.....	112
Tablo 5.11. Örnekleme noktalarının Simpson İndeksi' ne göre değerlendirilmesi.....	113
Tablo 5.12. 6 aylık KOİ sonuçları.....	115
Tablo 5.13. 6 aylık BOİ sonuçları.....	116
Tablo 5.14. 6 aylık amonyum azotu sonuçları.....	118
Tablo 5.15. 6 aylık nitrat azotu sonuçları.....	119
Tablo 5.16. 6 aylık fenolik madde sonuçları.....	121
Tablo 5.17. 6 aylık toplam fosfor sonuçları.....	122
Tablo 5.18. 6 aylık TKN sonuçları.....	124
Tablo 5.19. 6 aylık gözlemlenen makroinvertebrat familyaları.....	125
Tablo 5.20. S.K.K.Y' ne göre 6 aylık ortalamalara ait kalite sınıfları.....	126
Tablo 5.21. 1. örnekleme noktası için %90 olasılık değerleri.....	126
Tablo 5.22. 2. örnekleme noktası için %90 olasılık değerleri.....	127

Tablo 5.23. 3. örnekleme noktası için %90 olasılık değerleri.....	127
Tablo 5.24. 4. örnekleme noktası için %90 olasılık değerleri.....	127
Tablo 5.25. 5. örnekleme noktası için %90 olasılık değerleri.....	128
Tablo 5.26. S.K.K.Y' ne göre %90 olasılık değerlerine ait kalite sınıfları.....	128
Tablo 5.27. Avrupa topluluğu su kalite kriterlerine göre 6 aylık ortalamalara ait kalite sınıfları.....	128
Tablo 5.28. Kimyasal ve organik parametre analizlerinin toplu sonuçları.....	134
Tablo 5.29. Noktalara ve aylara göre familya skorları.....	135
Tablo 5.30. Kimyasal ve organik parametreler ile familyalar arasındaki anlam değerleri.....	136

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Mudurnu Deresi, Bentik Makroinvertebratlar, Biyotik İndeksler, T-Testi, Su Kalitesi,

Bu çalışmada, Mudurnu Deresi üzerinde belirlenen 5 noktadan Kasım 2006-Nisan 2007 tarihleri arasında her ay bentik makroinvertebrat ve su numuneleri alınarak Mudurnu Deresi' nin su kalitesinin belirlenmesine çalışılmıştır. Alınan örnekler tür ve familya bakımından teşhis edilip, Biological Monitoring Working Party Score System (BMWP), Trent Biyotik İndeks (TBI), Belçika Biyotik İndeksi (BBI), Average Score Per Taxon (ASPT), Margalef İndeksi, Shannon&Weaver İndeksi ve Simpson İndeksi' ne göre değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler değerlendirilerek su kalite sınıfları tespit edilmiştir. Ayrıca, alınan su numuneleri, kimyasal ve organik parametreler bakımından analiz edilmiş, elde edilen sonuçlardan yola çıkılarak S.K.K.Y. (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği) Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kriterleri ve AT (Avrupa Topluluğu) Su Kalite Standartları' na göre kalite sınıfları belirlenmiştir. Biyotik indeks kalite sınıfları ile kimyasal ve organik parametrelerin kalite sınıfları arasındaki uyum araştırılmıştır.

Belirlenen 5 örnekleme noktasından alınan bentik makroinvertebrat örnekleri ve BOİ (Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı), KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı), TKN (Toplam Kjeldahl Azotu), Fenolik madde, NH_4^+ - N (Amonyum Azotu), NO_3^- - N (Nitrat Azotu) ve PO_4^{3-} - P (Toplam Fosfor) parametrelerinin analiz sonuçları kullanılarak SPSS 13.0 Paket Programı yardımıyla t-testi yapılmıştır.

Sonuç olarak BMWP, TBI, BBI, Margalef İndeksi, Shannon&Weaver İndeksi ve Simpson İndeksi' nin Mudurnu Deresi için en uygun biyotik indeksler olduğu saptanmıştır. ASPT' nin ise diğer indeksler kadar kullanışlı olmadığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, biyotik indeks kalite sınıfları ile fenol haricindeki kimyasal ve organik parametrelerin kalite sınıfları arasında uyum olduğu belirlenmiştir.

DETERMINATION OF THE WATER QUALITY OF THE RIVER MUDURNU AND ITS BRANCHES

SUMMARY

Key Words: Mudurnu Stream, Benthic Macroinvertebrates, Biotic Indices, T-Test, Water Quality,

The aim of this study was to determine the water quality of the Mudurnu Stream by taking benthic macroinvertebrate and water samples from 5 checkpoint in the Mudurnu Stream on monthly basis between November 2006 and April 2007. The received samples were subjected to assessments conducted according to the Biological Monitoring Working Party Score System (BMWP), Trent Biotic Index (TBI), Belgian Biotic Indices (BBI), Average Score per Taxon (ASPT), Margalef Index, Shannon&Weaver Index and Simpson Index in terms of species and category. The water quality limits were determined upon assessment of the obtained data. In addition, the water samples received were analyzed based on the chemical and organic parameters and the quality categories were ascertained in accordance with the S.K.K.Y. (Water Pollution Control Directives), Intercontinental Water Resource Quality Criteria and EC (European Community) Water Quality Standards. The conformance between the quality categories of the biotic index and those of chemical and organic parameters were researched.

A T-Test was conducted based on the benthic macroinvertebrate samples obtained from the 5 sampling points determined and using the results achieved from the analysis of the BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), TKN (Total Kjeldahl Nitrogen), Phenolic substance, NH_4^+ - N (Ammonium Nitrogen), NO_3^- - N (Nitrate Nitrogen) and PO_4^{3-} - P (Total Phosphor) parameters in assistance of the SPSS 13.0 Program Package.

Consequently, BMWP, TBI, BBI, Margalef Index, Shannon&Weaver Index and Simpson Index are found out to be to the most suitable indices for the Mudurnu Stream. ASPT, however, is concluded to be less useful than other indices. Furthermore, conformance was found out between the quality categories of the biotic index quality classes and those of the chemical and organic parameters except for phenol.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz yüzyılda, temiz su kaynaklarının hızla azalması, suya erişimin zorlaşması ve su yoksulluğunun giderek artması en büyük sorunlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. İklimsel değişiklikler, kuraklık ve çarpık sanayileşme sonucu, zaten yetersiz olan su kaynaklarımız çok hızlı bir şekilde kirlenmekte ve azalmaktadır. Bu problemin önüne geçmek için, üretim ve diğer faaliyetler sonucunda ortaya çıkan atıkların ve atıksuların arıtılıp kirlenici özelliklerinin azaltılması ve belirlenen deşarj standartlarına uygun hale getirildikten sonra alıcı ortama verilmesi gerekmektedir. İnsan faaliyetleri, düzensiz sanayileşme ve nüfus artışı sonucunda içme suyu kaynakları ve diğer doğal kaynaklar hızla kirlenmektedir. Bu kaynakların bilinçli kullanımı, sürekliliklerinin sağlanması, kalitelerinin artırılması ve miktarlarına göre kullanım alanlarının belirlenmesi için çalışmaların yapılması zorunluluk haline gelmiştir. Su kalitesini belirlemek ve kirlilik durumunu ortaya koymak için fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik, radyolojik ve biyolojik analizler yapılmakta, ayrıca hidrolojik özellikler de takip edilmektedir. Özellikle son zamanlarda varlığını daha çok hissettirmeye başlayan küresel ısınma da tatlı su kaynaklarını olumsuz yönde etkilemekte ve bu sorun da canlı yaşamını ciddi şekilde tehdit etmektedir.

Başta Afrika ve Asya kıtalarında yaşayanlar olmak üzere, dünyada 1.1 milyar insan kaliteli içme suyundan ve 2.4 milyar insan ise güvenli arıtma hizmetinden yoksundur. İlerde, su sıkıntısının en çok hissedileceği ülkelerden biri de Türkiye olacaktır. Dünya' da kişi başına düşen tatlı su miktarı 7000 m^3 olarak belirlenmekle birlikte; ülkemiz, kişi başına yıllık 2940 m^3 tatlı su kaynağıyla düşük sınıfta yer almaktadır. Bütün bu olumsuzluklara rağmen, tatlı su kaynaklarımız korunamamakta, nehirlerimiz, göllerimiz ve yeraltı su kaynaklarımız hızla kirlenmektedir. Hala, birçok kuruluş atıksularını arıtmadan deniz ve göllerimize boşaltmakta, daha fazla para kazanmak uğruna bizim ve gelecek nesillerin geleceği hiçe sayılmaktadır.

Su kirliliği kısaca, kullanılacak bir su kaynağına karışan herhangi bir fiziksel veya kimyasal kirleticinin su kaynağının doğal yapısını bozması sonucu ortaya çıkan durumdur. Buradan da anlaşıldığı üzere doğal yapının bozulması kirliliğin en önemli göstergesidir ve bu da ancak su içinde yaşayan organizmaların çeşitli yönden incelenmesi ile belirlenebilir. Akarsularda su kalitesinin belirlenmesi için yaygın olarak kullanılan yöntem fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik parametrelerin ölçülmesidir. Fakat dünyada kabul gören diğer bir yöntem ise akarsudaki indeksi kullanarak su kalitesinin tayin edilmesidir. Bu yöntemin avantajı kimyasal madde harcamadan su kalitesinin tayin edilmesi ve sonuca kısa sürede ulaşılmasıdır.

Dezavantajı ise diğer yöntemlere göre daha çok uzmanlık gerektirmesidir. Akarsuların taşlı, kumlu ya da bitkiyle örtülü kısımlarında gözle görülemeyecek ya da rahatlıkla görülebilecek büyüklükte makroinvertebrat grupları mevcuttur. Bu canlı gruplarının en önemli özelliği suyun kirlilik durumuna göre türlerin farklılık göstermesidir. Yani, akarsuyun temiz bölgelerinde temiz sularda yaşayan canlı grupları yaşarken, kirli olan kısımlarında kirli sularda yaşayan canlı grupları yaşamaktadır. Bu durum suyun kalitesini belirlemede bize avantaj sağlamaktadır. Makroinvertebratların bu özelliğine bağlı olarak dünyada birçok biyotik indeks metotları geliştirilmiş ve bunlar tablolaştırılmıştır. Bunlardan en çok kullanılanları BMWP, TBI ve BBI' dir. Bu çalışmada da bu 3 biyotik indeksin yanı sıra, ASPT, Shannon & Weaver İndeksi, Margalef İndeksi ve Simpson İndeksi de hesaplanmıştır.

Mudurnu Deresi, Sakarya Havzası' nda yer alan ikinci büyük su kaynağıdır. Dokurcun yakınlarında il topraklarına dahil olmakta ve Hendek İlçesi'nin kuzeybatısında Yeniköy yakınlarında Dinsiz Çayı ile birleşerek Sakarya Nehri' ne karışmaktadır. Uzunluğu 130 km olan çayın 65 km'lik bölümü Sakarya sınırları içinde yer alır.

Mudurnu Deresi' ne, Küçücek Beldesi Sanayi Alanı' ndan ve birçok işletmeden kirletici girmektedir. Özellikle büyük fabrikalar bu dere çevresinde inşa edilmiş olup, atıksularını bu dereye deşarj etmektedirler. Akyazı bölgesinde tarımın da yaygın olduğu göz önüne alındığında çalışmanın gerekliliği daha iyi anlaşılmaktadır. Bu çalışmada, öncelikle dere üzerinde 5 örnekleme noktası seçilmiştir. Bu noktalardan

bentik makroinvertebrat örnekleri ile su numuneleri alınmış ve biyotik indeksler yardımıyla suyun kalitesi belirlenmiştir. Laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen kimyasal ve organik parametreler ile biyotik indeks kalite sınıfları mukayese edilerek aralarındaki uyum incelenmiştir. Böylece Mudurnu Deresi' nin su kalitesi ve kirlilik kaynakları araştırılmış, ortaya çıkan sonuçlar yardımıyla kirliliği önlemek için alınması gereken önlemler belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışmada makroinvertebratların tercih edilmesinin nedeni; çeşitli kirlilik kaynaklarına karşı duyarlılık göstererek çok çabuk tepki vermeleri, her ortamda bolca bulunabilmeleri, toplanmaları ve sayımlarının diğer canlı topluluklarından daha kolay olması, teşhislerinin kolay olması, buldukları ortama uyum sağlamaları, hareketlerinin kısıtlı olması nedeniyle yerel koşulları temsil etmede büyük başarı göstermeleri ve yaşamlarının ortamdaki değişimlerin tespit edilmesini sağlayabilecek kadar uzun olmasıdır.

Seçilen 5 örnekleme noktasından alınan bentik makroinvertebrat örnekleri ve KOİ, BOİ, NH_4^+ - N, TKN, NO_3^- - N, PO_4^{3-} - P ve Fenol parametrelerinin analiz sonuçları kullanılarak, bugün dünyada yaygın olarak kullanılan SPSS 13.0 Paket Programı yardımıyla t-testi uygulaması yapılmış, ölçülen parametreler ve biyotik indeksler arasındaki uyum saptanmıştır. Ayrıca, S.K.K.Y., AT ve %90 olasılık değerlerine göre, her örnekleme noktası ve Mudurnu Deresi genel durumu için kalite sınıfı belirlenmiştir. Sonuç olarak, Mudurnu Deresi' ni kirleten kaynaklar tespit edilmiş ve bu kirlenmenin önüne geçebilmek için çözümler sunulmuştur.

BÖLÜM 2. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI

2.1. Akyazı' nın Tarihi

Akyazı Selçuklular zamanında kurulmuş bir Türk kasabasıdır. Selçuklu Devleti' nin sona ermeşi ile merkezi Göynük' te bulunan Umurhan Beyliği'nin eline geçmiştir. 1303 tarihinde Osmanlı Devleti' nin kurucusu Osman Bey' in komutanlarından Konuralp tarafından Osmanlı topraklarına katılmıştır. Bundan böyle sürekli Türk egemenliğinde kalan Akyazı, 1808 yılında İstanbul ve 1845 yılında Üsküdar' a bağlanmıştır.

Kanuni Sultan Süleyman' ın oğulları Selim ve Beyazıt zamanında başlayan taht kavgaları yüzünden çıkan kanlı çatışmalar yöre halkı üzerinde derin izler bırakmıştır. Yine bu bölgede çıkan suhta (softa) ayaklanmaları yüzünden Akyazı ve evresi halkı büyük zarar görmüştür.

Akyazı tarih çağları içinde Bitinya, Roma ve Bizans gibi büyük devletlerin egemenliği altında kalmıştır. Osmanlı Devleti' nin kurulması ile Bizanslıların egemenliği altında bulunan Akyazı ve çevresine yapılan seferler sonunda Osmanlı egemenliğine geçmiştir.

1944 yılında ilçe olan Akyazı önce Kocaeli iline, 1954 yılında da Sakarya' nın il olması ile Sakarya' ya bağlanmıştır [1].

Marmara Bölgesinin Doğu Marmara alt bölgesinde, Sakarya ili sınırları içinde yer almaktadır. Akyazı batıda merkez ilçe ve Sapanca, kuzeyde Hendek, güneyde Geyve ile çevrilidir. Doğusunda Bolu ili yer alır.

Akyazı ilçesi Sakarya ilinin tipik özelliğine sahiptir. Yılım ortalama sıcaklığı 17 derecedir. Karadeniz'in ve Marmara Denizi'nin etki sahasına girdiği için bol yağışlıdır. Yağışlar mevsimlere dağılmakta ve toprakta nem kaybı olmamaktadır. Bunun için her bitki kolayca yetişir. Zengin bir orman örtüsü ile kaplıdır. Bu ormanlarda kerestecilikten de yararlanılır. Ayrıca 1997 yılında Yazakisa otomobil fabrikası da üretime başlamıştır.

Akyazı' nın ekonomik yapısını tarım belirlemektedir. Nüfus toprağa bağlı kaldığı için şehirleşme oranı düşüktür. İlçelerde kışlar ılık ve yağışlı, yazlar sıcak ve nemli geçer. Akyazı 1 ilçe merkezi, 5 belediye, 1 bucak ve 72 köyü bulunan bir ilçedir [2].

Akyazı' nın doğusu ve güneyi Köroğlu dağlarının batı uzantıları olan Samanlı dağları ile engebelenmiştir. Bu dağların yüksek kesimlerinde platolar bulunmaktadır. İlçenin kuzey ve batısını Adapazarı Ovası' nın bir çöküntü uzantısı olan Akyazı Ovası kaplamaktadır. İlçe topraklarını Mudurnu Çayı ile kolları sulamaktadır. Sülüklü Göl ilçe toprakları sınırları içindedir. İl merkezine 29 km. uzaklıktaki ilçenin yüzölçümü 717 km² olup, 2000 yılı genel nüfus sayım sonuçlarına göre toplam nüfus 77.536' dır [3].



Şekil 2.1. Akyazı' dan bir görünüm [3]

2.2. Fiziksel Özellikler

2.2.1. Coğrafi durum

İlçe coğrafi konum olarak Marmara bölgesinde yer almakta olup, Sakarya iline bağlı 13 ilçeden biridir. İlin doğusunda yer alır. Kuzey doğusunda Hendek, güney doğusunda Mudurnu, güneyinde Göynük ve Geyve, batısında Karapürçek ve merkez ilçe Adapazarı ile komşudur. Doğudan tamamen Keremali dağı, güneyden ise Karadağ ile çevrilir. Deniz seviyesinden yüksekliği ise 34 metredir [1].

Samanlı Dağları bölgenin güneyini bütünü ile kaplar. Bölgenin yarısı ovalık yarısı dağlıktır. Samanlı dağlarında bulunan yüksek tepelerden belli başlıcaları: Yılandağı (1134 m), Anbarkaya Tepesi (1576 m), Sivriçalı Tepesi (1048 m), Mezarlıkbaşı Tepesi (1413 m), Kavaklı Tepesi (1467 m), Güzlek Tepesi (1275 m) ve Keremali (1543 m)' dir. Kuzey ve kuzeybatısı düz ve verimli ovalardan oluşur. Dağlarında kayın, meşe, çam ve köknar ağaçları bulunur [4].

2.2.1.1. Samanlı dağları

İlçedeki tek düzenli sıradağ Samanlı Dağları' dır. Bolu' nun güneyinde düzenli ve yüksek sıradağlar oluşturan Köroğlu Dağları' nın batı uzantısı olan Samanlı Dağları, ilde Hendek, Akyazı ve Sapanca Gölü' nün güneyde kalan kısmını bütünüyle kaplar. Samanlı Dağları, batıya doğru uzanarak İzmit Körfezi ile Gemlik Körfezi arasını doldurur. Dağlar, kuzeyde Adapazarı Ovası' na, güneyde de Pamukova' ya doğru alçalarak sokulur. Samanlı dağları pek yüksek değildir. Uzunluğu 130 km, genişliği 30 km dolaylarında olan Samanlı Dağları' nın en yüksek noktası 1606 m olan Keltepe' dir. Keltepe aynı zamanda Kocaeli' nin de en yüksek noktasıdır. Başlıca doruklar; Sakarya Ovası' nın doğu ucunda yer alan 1543 m yükseltili Keremali Dağı ile güneydeki 1467 m yükseltili Karadağ' dır.

Samanlı Dağları' nın farklı kesimlerinde değişik yeryüzü şekilleri ve oluşumlar görülür. Bu dağların ortaya çıkmasında yakın dönemdeki tektonik yükselme ve çöküntü hareketlerinin payı büyüktür. Samanlı Dağları' ndan birçok dere kaynaklanır

ve bunların en önemlisi Yalakdere' dir. Dağlardaki tüm derelerin suyu kış sonu ve ilkbaharda artarken, yazın çekilir. Bu dağların bitki örtüsü oldukça zengindir. Dağın 200-250 m yüksekliklerine kadar olan kesimi makilerle kaplıdır. Daha yükseklerde ise geniş orman örtüsü bulunur. Samanlı Dağları' nın özellikle kuzey etekleri, yazın dinlenme yeri olarak kullanılabilen alanlarla doludur [1].



Şekil 2.2. Samanlı Dağları' ndan bir görünüm [1]

2.2.1.2. Yaylalar

Keremali yaylası; Akyazı' ya 17 km ve 30-35 dakika uzaklıkta olup yerleşim olup yayla evlerine sahiptir. Değişik yüksekliklerde birbirine yakın dört yayladan oluşmaktadır.

Sultanpınar yaylası; Dokurcun yolu üzerinde olup Akyazı' ya 45 km mesafededir. Akyazı-Dokurcun istikametinde Beldibi Köyü karşısından sağa dönerek Boztepe Köyü yoluna ulaşılır. Boztepe üzerinden Güzlek Yaylası, Sultanpınarı Yaylası, Yörükyeri Yaylası, Çiçekli Yaylası ve Acelle Yaylası' na, Acelle üzerinden de Yanık Yaylası' na gidilir. Şerefiye ve Beldibi köyleri arası 1 km mesafededir. Sultanpınar Yaylası orman ile çevrili geniş ve düzlük bir alana kurulmuş olup oldukça yeşil, huzur verici bir ortam sunmaktadır. Yaylada Olukbaşı Et-Mangal Tesisleri ve Sultanpınar Yayla Pansiyon faaliyet göstermekte olup, yayla evleri mevcuttur.

Çiğdem yaylası; Hendek ilçe sınırları içinde yer almaktadır. Dokurcun ve Çiğdem yaylası arası 18 km' dir. Bununla birlikte Hendek-Karadere üzerinden Dikmen ve

Çiğdem Köyleri' ne buradan da 1500 m' deki Çiğdem Yaylası' na ulaşılabilir.

Yapısıyla ilgi çeken evlerin de bulunduğu yaylanın; “topukotu” olarak adlandırılan çimle kaplı geniş alanı, küçük ve hafif eğimli tepeleri ile planlı bir çevrede oldukça hoş bir manzarası vardır. Yaylada her yıl temmuz ayının ikinci haftasında yayla şenlikleri düzenlenmektedir. Şenlikte yaylada yetişen sebze, meyveler ve hayvancılık tanıtılmakta, çeşitli eğlenceler yer almaktadır. Turizmci, gezgin ve yazarlardan oluşan büyük bir jüri tarafından Türkiye' nin en güzel on yaylasından biri olarak seçilmiştir.

Acelle yaylası; Akyazı ilçesinin 35-40 km güneyinde yer alır. Acelle yaylasına ulaşım stabilize yoldan her tür kara taşıtı ile yapılabilmektedir. Yaylaya üç değişik güzergahtan ulaşılabilir. Birinci yol Beldibi-Boztepe-Çataalkaya üzerinden gider. İkinci yol Taşburun-Ballıkaya-Taşyatak-Hasyatak köyleri üzerinden çalışır. Üçüncü yol ise Taşburun-Ballıkaya-Taşyatak-Yanık yaylası güzergahıdır. Bu yolların üçünün de az bir kısmı asfalttır. İlçe merkezinden yaylaya ulaşma süresi yaklaşık olarak 60 dakika' dır. Geniş yapraklı ve iğne yapraklı ağaçlardan oluşan bir bitki örtüsüne sahiptir. Ayrıca orman içlerinde orman gülü ve şimşirden oluşan bodur ağaçlarda mevcuttur. Kanlıca, kuzugöbeği gibi yer mantarları ve ağaç mantarları bulunur.

Yaylanın tam ortasından Enişte Deresi geçmektedir. Bu dere üzerinde halk tabiriyle “Büyük Deniz” denilen 60-70 m uzunluğunda 3-4 m genişliğinde, derinliği tam olarak bilinmeyen doğal yollarla kaya kütleleri arasında oluşmuş bir su birikintisi mevcuttur. Enişte Deresi' nin yatak genişliği düz alanlarda 8-10 m' yi, kayalık arazilerde ise yer yer 2 m' yi bulur. Dereye sazan türü pullu balıklar, kurbağa ve su kertenkeleleri mevcuttur. Yaylada her yıl temmuz ayının son haftası, genellikle 25-26-27 Temmuz tarihlerinde şenlikler düzenlenir. Dışardan gelenlerin kalabilecekleri otel-motel, kamp türü konaklama yeri olmayan yaylada, sürekli ikamet edenlerin ahşap evleri mevcuttur. Bunun dışında şenlik boyunca 200-250 civarında çadır kurulmaktadır [1].

2.2.2. Topografya

Kasaba genelinde güneyden kuzeye doğru alçalan bir eğim mevcuttur. Bu eğim %0.4 mertebesinde olup, doğu batı istikametindeki eğim ise sıfır civarındadır.

Kanalizasyon şebekesi açısından bakıldığında pis suların cazibe ile arıtma sahasına ulaşabilmesi oldukça sıkıntılı olmaktadır. Eğimi kesecek şekilde yapılaşmalar ve bazı küçük de olsa derelerin mevcudiyeti ile kuzeydeki imar sahaları kot açısından problem yaratabilmektedir.

İlçenin imar planı topluca ele alındığında yerleşimlerin maksimum 58.40 m ile minimum 39.25 m kotlar arasında olduğu görülmektedir [5].

Akyazı toprakları, Mudurnu Deresi' nin taşıdığı alüvyonlar nedeni ile tarıma elverişlidir. Topraklarının büyük bir kısmı %100 sürüme elverişli 1.sınıf toprak özelliği taşımaktadır.

Mudurnu Deresi'nin geçtiği yerlerde toprak 1.ve 2. sınıf olup kuru tarım, sulu tarım ve bağ-bahçe tarımı yapılmaktadır. Yüzölçümü %3.5 'lik bir oran orta verimli topraklardır. Orta derecede erozyondan etkilenmiştir. Bunların %50.9' u kuru tarım, 8.3' ü sulu tarım alanı olup 2. ve 3. sınıftır. Sığ topraklar %56.9 alan oluşturmaktadır. Bunların %23.7' si dik eğimde bulunmaktadır. Sığ toprakların %91.5 'inde şiddetli erozyon görülmektedir. Çok sığ topraklar 18.1 alan kaplamaktadır. Bunlardan %15.8 dik eğimde, %26.3 çok dik eğimde bulunmaktadır. Tablo 2.1' de ilçenin arazi varlığı görülmektedir [4].

Tablo 2.1. Akyazı ilçesinin arazi varlığı, sulama, arazi dağılımı (ha) [4]

İlçenin Yüzölçümü	65.400
Ormanlık Alanlar	34.700
Çayır Mera Tapulu	1.216
Çayır Mera Tapusuz	2.004
Bataklık	30
Fundalık	1.403
Mesken Yerleri	903
Tarım Dışı Arazi	1.270
Tarım Arazisi	23.894

2.2.3. Jeolojik yapı

Marmara Bölgesi' nin kuzeydoğusunda yer alan Sakarya ve Akyazı' nın yüzey şekilleri çok karmaşık değildir. Kocaeli penneplininin (yarı ova) doğusunda güneyden kuzeye doğru uzanan alan 3. zaman sonları ile 4. zamanın başlarında oluşmuştur. Bu jeolojik zamanlarda ortaya çıkan bütün kıvrım ve kırılma hareketleri Trakya' nın güneyine, Kocaeli' nin kuzeye doğru farklı yönlerde çarpılmasına neden olmuştur. Bu çarpılma sonucu biri Karadeniz' e diğeri Marmara Denizi' ne açılan iki vadinin çökmesi ile de İstanbul Boğazı oluşmuştur. İşte bu çarpılmanın etkisi ile boğazın oluşması Sakarya bölgesinde çok güçlü hissedilmiş olup bu sayede Sakarya bölgesi Karadeniz' e doğru eğim kazanmıştır. Sakarya ili sınırları içinde bütün jeolojik zamanların izlerine rastlanmaktadır. İl topraklarının büyük bir bölümü 3. jeolojik zamanda (Neogen) bir iç göl durumunda iken, bu zamanın sonlarında ortaya çıkan kıvrım ve kırılma hareketleri ile göl alanı kıvrılarak yükselmiş, 4. zaman başlarında yeniden şiddetlenmeye başlayan hareketler il eskiden göl altında kalan alanların önce çökmesine, sonradan yeniden yükselerek çarpılmasına neden olmuştur. Bu nedenle il topraklarının büyük bir bölümünü önce deniz basıp, sonradan yükselmesiyle de bu alanların denizle bağlantısı kesilmiştir.

4. Zamandan günümüze kadar Karadeniz' e doğru hafif eğimli olan bu alan, başta Sakarya Irmağı olmak üzere akarsuların taşıdığı maddeler ile dolarak yer yer geniş düzlükler meydana gelmiştir.

Sakarya İli' nin Akyazı bölümünün bir kısmı bu dolgu düzlükler üzerinde yer alırken, diğer kısım (dağlık alan) 4. zaman (Paleolojik) yaşlı oluşumların üzerinde yer almaktadır.

Ova tabakası genellikle fosilsiz olduğu için yaşları belirlenememiştir. Akyazı bölgesinde 1990 yılından sonra incelemelerde bulunan İsviçre Jeoloji Akademisi' nden araştırmacı Emili' ye göre, Paleolojik tabakalarla ova arasında Akyazı' dan Sapanca gölüne kadar uzanan alçak tepelerle kaplı olan kretane ve neozen tabakaları ile kaplı olup, Akyazı bölümü iki ayrı oluşumun iç içe olduğu bir alandır.

1. Oluşum : Derin bir vadinin akarsu taşınması ile dolması sonucu oluşan düzlük (Akova) olup, eğimi Karadeniz' e doğrudur.

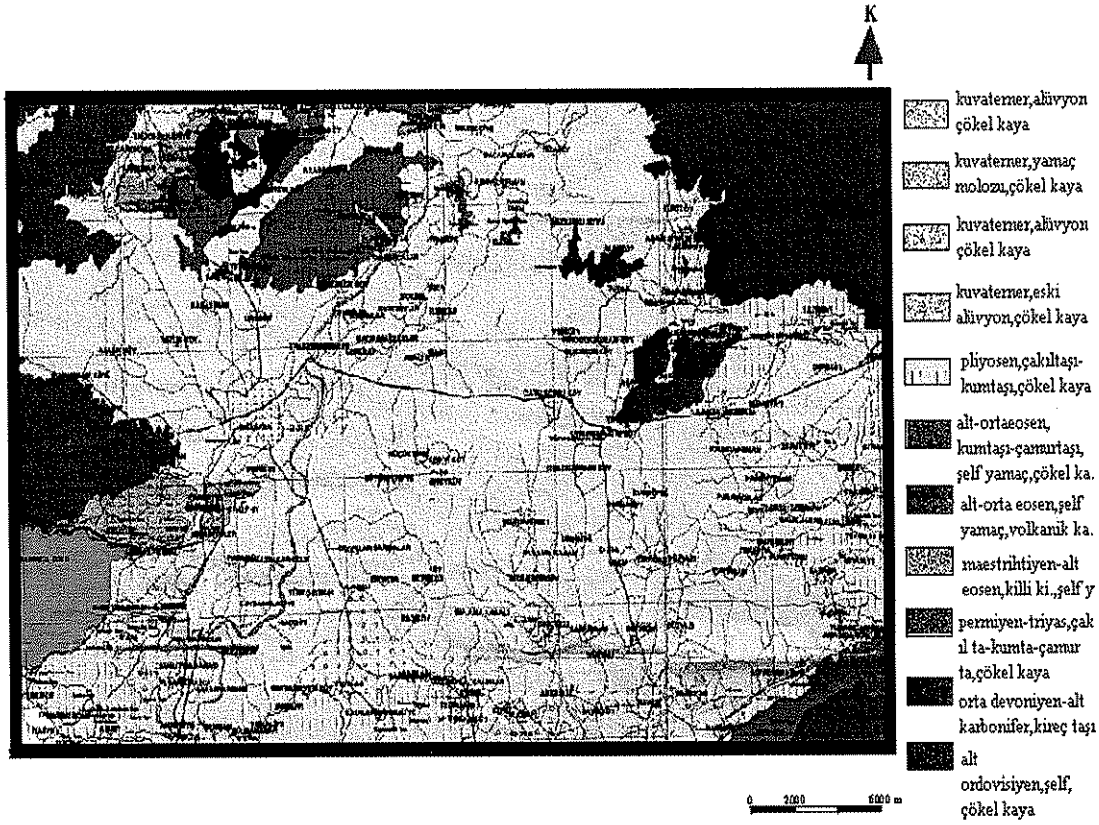
2. Oluşum : 4. zamandaki İstanbul Boğazı' nın oluşumu esnasında meydana gelen kıvrım ve kırılma hareketleri Kuzuluk yöresinde volkanizmaya sebep olmuştur. Volkanlardan çıkan lavlar ise özel bir karaktere sahip olmak üzere silisyum buharı şeklinde gerçekleşmiştir. Silisyum, bildiğimiz kum ve çakılın kimyasal ismi olup, buhar halinde lav şeklinde püskürmüş ani soğuma ile temas ettiği tüm cisimlerin taşlaşmasına sebep olmuştur [4].

2.2.3.1. Adapazarı-Akyazı arasının jeolojisi

Adapazarı-Akyazı arasında kalan bölgenin MTA Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış olan jeoloji haritası Şekil 2.3' de görülmektedir. Sakarya ili ve çevresinde gözlenen stratigrafik istifte en yaşlı birim, özellikle sahanın kuzeydoğusunda yaygın bir şekilde mostra veren Alt Ordovisiyen yaşlı, sığ deniz ortamında çökelmiş ve 1500-2000 m kalınlığa sahip şeyl ve kumtaşı ardalanmasından, üste doğru kumtaşı ara katkılı şeylerden oluşan formasyondur (Sarıaslan vd., 1998). Sakarya il merkezinin kuzeyindeki Taşkırsığı bölgesinde

yüzeylenen Orta Devoniyen-Alt Karbonifer yaşlı şelf kireç taşları, yer yer rekristalize ve dolomitik özelliktedir. Sahanın orta kesimlerindeki tepeleri oluşturan ve Tepemüslim ile Kömürlük köylerinin kuzeyindeki çakıltası, kumtaşı ve çamurtaşı ar dalanmasından oluşan karasal çökeller Permiyen-Triyas yaşlıdır. Sahanın güneydoğu ve doğusunda (Akyazı güneyi ve Altundere köyü doğusu) küçük alanlarla yüzlekler veren şelf-yamaç çökelleri olistotromlardan oluşmaktadır. Alt-Orta Eosen' e ait volkanik seri andezit ve bazaltlarla temsil edilmekte ve Sakarya' nın batısı ile Sapanca Gölü' nün kuzeydoğusu arasında ve sahanın doğusundaki Yağbasan köyünün kuzeydoğusunda küçük, sahanın güneydoğusunda ise geniş alanlarda gözlenmektedir. Sahanın batısında, Sapanca Gölü' nün kuzeydoğusu ile Karman köyü civarında gözlenen killi kireçtaşı, marn, kıltaşı, silttaşı, kumtaşı, çakıltası, resifal kireçtaşı ve volkanitlerden oluşan formasyon Maestrihtiyen-Alt Eosen yaşlıdır. Sahanın güneyinde ise, D-B doğrultusunda ve düzensiz bir şerit halinde uzanan Pliyosen yaşlı çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı ar dalanmasından oluşan karasal çökeller yer almaktadır.

Sahanın genelinde hem D-B, hem de K-G yönlerinde çok geniş bir alan kaplayan ve Adapazarı, Akyazı ve Hendek Ovaları 'nı oluşturan alüvyonlar yer almaktadır. Ova kenarlarında kalınlığı azalan alüvyon, ovanın ortasında 300 m kalınlığa kadar ulaşmaktadır (DSİ, 1983). Pekişmemiş kum, silt ve kil tane boyundan oluşan alüvyonlar, Sakarya Nehri, Çark Suyu ve Mudurnu Çayı tarafından Kuzey Anadolu Fay Zonu ve güneyindeki kayaçlardan taşınmıştır (Sarıaslan vd., 1998). Bölgede alüvyonun yanı sıra çakıl, kum, silt ve kil tane boyutundaki malzemeden oluşan, yer yer karbonat bağlayıcı ile tutturulmuş, 10 m kalınlığa ulaşabilen ve özellikle Sakarya Nehri' nin kenarlarında yüzeylenen akarsu sekileri mevcuttur. Bölgenin güneyindeki yükseltilerin ovaya açılan kısımlarında ise, eski alüvyonlar ve alüvyon yelpazeleri yer almaktadır. Bunlardan eski alüvyonlar Sapanca Gölü' nün güneydoğusu ile Akyazı ilçesinin güneybatısından, alüvyon yelpazesi ise, sahanın güneyindeki Kamışlı ve Kayalar köylerinin arasında yer almaktadır [6].

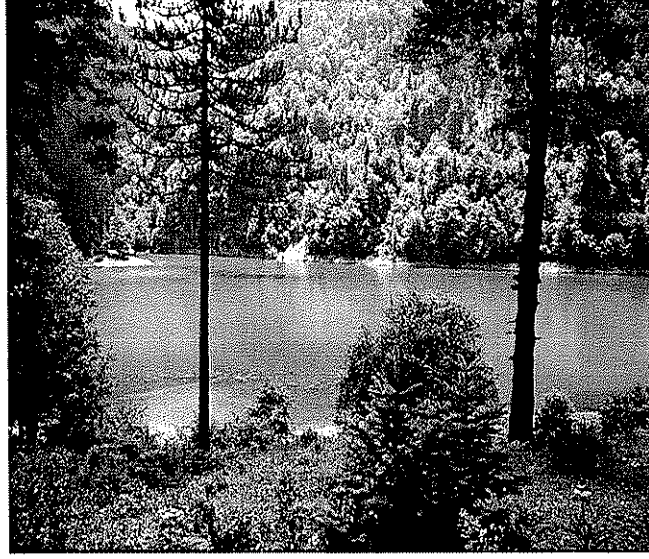


Şekil 2.3. Adapazarı-Akyazı arasında kalan bölgenin MTA Genel Müdürlüğü'nce hazırlanmış haritası [6]

2.2.4. Akarsular - göller - barajlar

2.2.4.1. Sülüklü göl

Sülüklü Göl; Mudurnu, Akyazı yoluna 9 km.dir. Yer kayması setti gölü olup 55-60 dönüm büyüklüğündedir. Üç tarafı dik yamaçlar üzerinde yeşillikler ve birçok ağaç türüyle çevrelenmiştir [7].



Şekil 2.4. Sülüklü Göl [7]

2.2.4.2. Mudurnu deresi

Mudurnu Deresi; Abant dağlarının güney yamaçlarından doğar, küçük kaynakların ve derelerin toplanmaları ile meydana gelir. İlkbaharda eriyen karlar ve fazla yağışlarla taşkınlara sebep olur. En büyük kolu yine Abant dağlarından doğan Seymen Deresi' dir. Kuzey batıya doğru akarak Sakarya nehrine karışır [7].

Uzunluğu 65 km' dir. Dokurcun yakınlarında il topraklarına girer. Hendek İlçesi' nin kuzeybatısında Sakarya' ya karışır. Akyazı ilçesinin Taşburun köyü civarından taşkınlar yapan ve bataklıklar oluşturan dere, yapılan ıslah çalışmalarıyla zararsız hale getirilmiştir [1].

2.2.4.3. Ballıkaya barajı

DSİ 32' nci Şube Müdürlüğü' nün "Mudurnu Ballıkaya Baraj Projesi" gerçekleştiği zaman, Adapazarı' nın 60-70 yıl boyunca su sıkıntısı olmayacağı düşünülmektedir. Aynı proje ile elektrik üretilmesi, tarım arazilerinin sulanması ve taşkınlara karşı önlem alınması planlanmaktadır.

Adapazarı' nın içme suyu ihtiyacını karşılayan Sapanca Gölü' nün giderek kirlenmesi sebebiyle DSİ 32' nci Şube Müdürlüğü' nün yeni projesine ümit bağlanmaktadır. Hızla kirlenen Sapanca Gölü sürekli büyüyen kentin su ihtiyacını karşılayamaz duruma gelmiş, bu da yetkilileri yeni su kaynakları bulmaya yönlendirmiştir. Gelecek için kurtarıcı niteliğindeki su "cazibeli" su olacak ve şehre kolay bir şekilde getirilecektir.

Bu baraj projesi ile dört kazanım birden elde edilmesi umulmaktadır. Öncelikle kente Sapanca Gölü suyunun çok çok üstünde kaliteli bir içme suyu kazandırılacaktır. Elektrik enerjisi üretilerek katma değer elde edilecek, büyük tarım arazileri sulanabilecek ve bölgedeki sular kontrol altına alınarak tarım alanları taşkınlardan korunacaktır. Bugünkü hesaplarla 75 milyon YTL' ye mal olacak proje aynı zamanda Adapazarı kent merkezinden sadece 30 kilometre uzaklıktadır [8].

2.3. Hidrolojik Özellikler

Mudurnu Deresi; Sakarya Havzası' nda yer alan ikinci büyük su kaynağıdır. Dere yatağının dağlarda ortalama yükselmesi km' de 15 m, düzlükte 0.5 m'dir. Dokurcun yakınlarında ilimiz topraklarına girmekte ve Hendek ilçesinin kuzeybatısında Yeniköy yakınlarında Dinsiz Çayı' nı alarak Sakarya Nehri' ne karışmaktadır.

Mudurnu Deresi; Tokmak Çayı, Baba Dere ve Seyhanlar Deresi' nin birleşmesinden oluşmaktadır. Ayrıca her mevsim su taşıyan Biçki Dere, Şerefiye Deresi, Kalen Deresi, Taşlı Dere ve Hamam Deresi, Akçay Deresi ve Küçücek Deresi gibi kolları bulunmaktadır.

Uzunluğu 130 km olan Mudurnu Deresi' nin Sakarya kısmında yer alan kısmı 65 km, toplam drenaj alanı 1720 km²' dir. 2001 ve 2002 yıllarında ortalama sıcaklığı 15-18 °C civarında ölçülmüştür. Menbaada 30 Fr sertliğe sahip olan çay beslediği derelerle yumuşayarak 14.5 Fr sertliğe düşer. Sulama suyu olarak kullanılmaya elverişli olup, orta tuzlu, az sodyumlu, C2S1 (iyi) sulama suyu sınırındadır. Geçtiği bölgelerde sulama suyu olarak kullanılmaktadır. Nehir suyu yataktan gelen silt ve kumdan

dolayı bulanık ve askıda katı maddesi yüksektir. Menbaada 600 mikroh/cm olan iletkenlik mansapta 300 mikroh/cm' ye düşmektedir.

Mudurnu-Akyazı yolundaki Dokurcun beldesindeki akım gözlem istasyonu değerlerinden faydalanılarak Mudurnu Deresi' nin ortalama yıllık su potansiyeli 250 milyon m³ civarında bulunmaktadır. Son ölçümlerde maksimum debi 168 m³/s, minimum debi 0.72 m³/s olarak gözlenmektedir. Mudurnu Deresi' nin su potansiyelinin mevsimsel değişimi Tablo 2.2' de verilmiştir. Mudurnu Deresi 1720 km² drenaj alanı, 168 m³/s' lik maksimum debisi ile küçük nehirler sınıfına girmektedir [4].

Tablo 2.2. Mudurnu Deresi' nin su potansiyelinin mevsimsel değişimi (10⁶ m³) [4]

Eylül, Ekim, Kasım (sonbahar) Ayları	23
Aralık, Ocak, Şubat (kış) Ayları	28
Mart, Nisan, Mayıs (ilkbahar) Ayları	15
Haziran, Temmuz, Ağustos (yaz) Ayları	40

2.4. Meteorolojik Özellikler

2.4.1. Yağış

Bölgede en az yağış ortalaması 35.6 mm ile Ağustos ayına, en çok yağış ortalaması ise 100.1 mm ile Aralık ayına aittir. Bölgede ortalama kar yağışlı günler sayısı 7.0, karla örtülü gün sayısı 8.7' dir. En yüksek kar örtüsü kalınlığı 33 cm olmuştur.

Bölgede hava yılın 49.2 günü açık, 200.9 günü bulutlu, 115.1 günü kapalı geçmektedir. Genel olarak 7.0 gün karlı, 30.3 gün sisli, 0.7 gün dolulu, 13.8 gün ise kırılgılı olmaktadır. Tablo 2.3' de yağış bilgileri görülmektedir [5].

Tablo 2.3. Yağış bilgileri tablosu [5]

AYLAR	Ortalama Yağış (mm)	Günlük En Çok Yağış (mm)
Ocak	90,0	52,3
Şubat	74,7	60,3
Mart	74,0	50,0
Nisan	58,7	39,0
Mayıs	45,8	43,8
Haziran	64,0	127,0
Temmuz	47,5	88,1
Ağustos	42,1	93,7
Eylül	55,2	110,0
Ekim	73,2	77,8
Kasım	79,2	64,0
Aralık	99,9	60,5

2.4.2. Sıcaklık

Bölgede yıllık sıcaklık ortalaması 14.2 °C' dir. Ortalama sıcaklıkta en düşük değer Ocak ayında (5.8 °C), en yüksek değer ise Temmuz ayında (22.8 °C)'dir. Bölgede en sıcak geçen aylar Haziran, Temmuz ve Ağustos, en soğuk aylar ise Ocak ve Şubat' tır. En yüksek sıcaklık 41.8 °C olarak, en düşük sıcaklık ise -14.5 °C olarak ölçülmüştür.

Sıcaklığın yılda 30 °C' nin üzerine çıktığı tropik günler sayısı 37.7, sıcaklığın 0 °C' nin altına düştüğü donlu günler sayısı ise 23.3' tür. Ortalama olarak yılda 55.4 gün açık, 191.0 gün bulutlu, 118.3 gün ise kapalı geçmektedir.

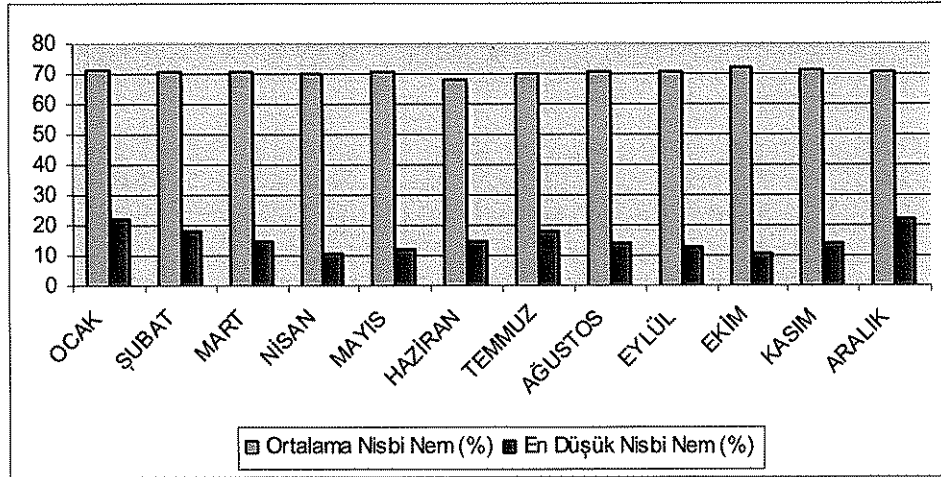
Yıllık ortalama donlu gün sayısı 22.1' dir. Donlu günlere Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Ekim, Kasım, Aralık aylarında rastlanmaktadır. Sıcaklıkla ilgili bilgiler Tablo 2.4'de verilmiştir [5].

Tablo 2.4. Sıcaklık bilgileri tablosu [5]

AYLAR	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama Sıcaklığın 5 °C'den Büyük Olduğu Gün Sayısı	Ortalama Sıcaklığın 10 °C'den Büyük Olduğu Gün Sayısı	En Düşük Toprak Sıcaklığı (5 cm)	En Düşük Toprak Sıcaklığı (100 cm)
Ocak	5,8	16,2	6,0	0,2	5,8
Şubat	6,6	17,6	6,2	0,2	6,2
Mart	8,2	24,0	10,0	0,0	6,3
Nisan	12,7	29,6	21,9	3,2	8,9
Mayıs	17,0	31,0	30,8	7,5	12,1
Haziran	21,0	30,0	30,0	8,2	17,0
Temmuz	22,7	31,0	31,0	16,4	20,1
Ağustos	22,4	31,0	31,0	14,6	21,3
Eylül	19,0	29,9	29,7	8,8	20,2
Ekim	14,8	31,0	29,2	2,5	16,0
Kasım	11,3	28,2	18,9	1,5	12,0
Aralık	8,0	23,6	9,2	0,0	9,2

2.4.3. Nem

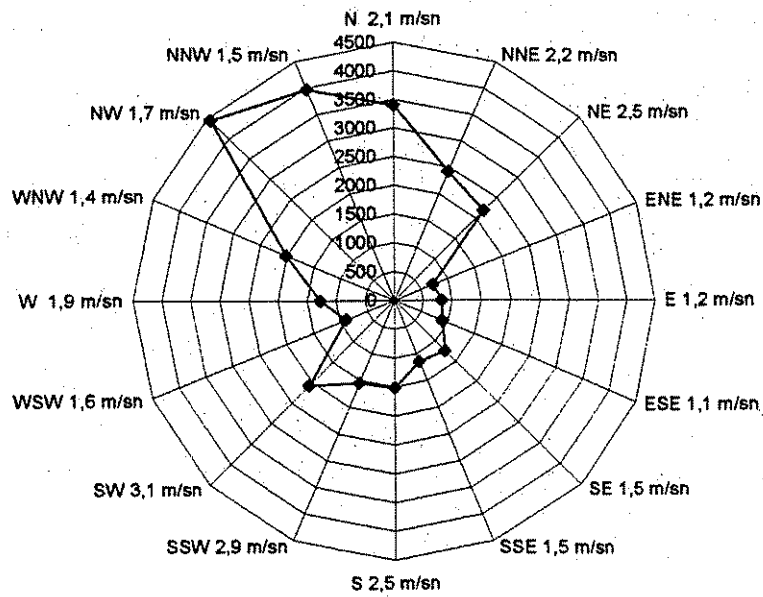
Bölgedeki yıllık ortalama nisbi nem oranı %72, en düşük nisbi nem oranı ise %11'dir. Şekil 2.5' de nem oranları verilmektedir [5].



Şekil 2.5. Ortalama nisbi nem-en düşük nisbi nem ile ilgili bilgiler [5]

2.4.4. Rüzgar

Adapazarı Meteoroloji İstasyonu' nda yapılan rüzgar ölçümlerine göre; Adapazarı İli' nde hakim rüzgar yönü kuzeybatı ve kuzeydoğu yönleridir. Rüzgarlarla ilgili aylık ortalama rüzgar kuvveti, en kuvvetli rüzgar yönü ve kuvveti, en çok esen rüzgar yönü ile ilgili bilgiler Tablo 2.6' da verilmektedir [5].



Şekil 2.6. Yönlerine göre ortalama rüzgar esme sayıları ve hızları [5]

Tablo 2.5. Rüzgar bilgileri tablosu [5]

AYLAR	Aylık Ortalama Rüzgar Kuvveti	En Kuvvetli Esen Rüzgar Yönü ve Kuvveti	En Çok Esen Rüzgar Yönü
Ocak	2,0	SW 25,2	SW
Şubat	2,0	SW 21,8	NW
Mart	1,7	SSW 19,2	NW
Nisan	1,6	SW 20,5	NW
Mayıs	1,5	NW 18,8	NW
Haziran	1,5	WSW 18,1	NW
Temmuz	1,6	NW 15,1	N
Ağustos	1,5	NW 14,0	N
Eylül	1,2	W 16,6	NW
Ekim	1,1	W 19,8	NNW
Kasım	1,4	S 19,5	NW
Aralık	2,0	S 19,2	SW

2.5. Yeraltı Suyu Durumu

İlçedeki yeraltı su seviyesi yüksektir. Bu seviye yaz ve kış aylarında değişim göstermekte olup, yaz aylarında 1.5 – 2.00 m, kış aylarında ise 0.75 – 1.00 m arasında yer altı suyuna rastlanmaktadır. Karaca Deresi atık su arıtma tesisleri için deşarj olarak kullanılabilir bir deredir ve genelde yer altı suları ile beslenmektedir [5].

Akyazı Kuzuluk Kaplıcası hidrojeoloji incelemesi Nisan 1987 yılında MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada Sakarya İli, Akyazı İlçesi ve Kuzuluk Beldesi'nde yer alan sıcak su kaynaklarının değerlendirilmesi için, sıcak su kaynakları ve çevresinde 75 km²'lik bir alanın jeoloji ve hidrojeoloji incelemesi yapılmıştır. Çalışma alanında temeli Paleozoyik yaşlı metamorfik seri olduğu tespit edilmiştir. Bu birim üzerine Jura-Kretase yaşlı, bol yarık ve çatlaklı, yersel olarak erime boşlukları içeren

kireçtaşları gelmektedir. Kireçtaşları üzerine Üst Kretase yaşlı, olasılı olarak örtü özelliği gösteren fliş karakterinde birim oturmaktadır. Haritalanan alanda geniş yayılım gösteren volkanik kayalar, yeraltı sularını ısıtıcı ve CO₂ kaynağı olarak önem kazanmaktadırlar. Bu birim aynı zamanda rezervuar kaya özelliğindedir. Sıcak suların yer aldığı bölge Kuzey Anadolu Fayı' na çok yakın olması dolayısıyla tektonik hareketlerden fazlasıyla etkilenmiştir. Bu faya bağlı olarak oluşan faylar sıcak su bölgesinde graben oluşturmuştur. Kireçtaşlarının yüzeylendikleri yerlerde ve faylanmaların etkin olduğu yörelerde yeraltına sızan sular, volkanizmanın etkisiyle ısınmakta ve derinlere ulaşan kırık sistemleriyle yüzeye çıkmaktadır. Suların yüzeye ulaşmalarında hidrostatik basıncın yanı sıra, CO₂ gazı da itici rol oynayarak yardımcı olmaktadır. Sıcak sular yüzeye ulaştıklarında basınç serbestleşmesi sonucunda travertenleri oluşturmaktadırlar. Suların sıcaklıkları 30-55 °C arasında değişmektedir. Değişik noktalardan çıkan suların toplan debileri 4 lt/sn' den fazladır. Suların toplan mineralizasyonu 3500-7000 mg/L arasındadır [9].

2.6. İklim

Akyazı İlçesi, Sakarya İli' nin iklim özelliklerine sahiptir. Bölge hem Marmara ve hem de Karadeniz ikliminin özelliklerini taşır. Bol yağış alan Akyazı da kış mevsiminde yüksek kesimlerde yağışlar genellikle kar şeklindedir. Sakarya bölgesinde mevsimin ilk karı Akyazı' nın yüksek kesimlerinde görülmektedir [10].

Genel olarak sıcaklık ortalaması mevsimlere göre çok farklı değildir. Söz konusu ortalamalar deniz düzeyindeki yörelere yakındır. Kuzeyden Karadeniz' in batıdan da Marmara Denizi' nin etkisinde kaldığından genellikle bol yağış almaktadır. Yağışlar mevsimlere göre uygun şekilde dağıldığından toprak kolay kolay nemini kaybetmez. Bölgenin meteorolojik değerleri en yakın merkez olan Adapazarı İli' ndeki rasat istasyonu esas alınarak belirlenmektedir. 1929-1990 yılları arasında yapılan gözlemlere göre yıllık basınç ortalaması 1012.6 mb, en yüksek basınç 1041.2 mb ve en düşük basınç ise 885.0 mb'dir [5].

2.7. Toprak Yapısı

Akyazı' nın ova bölümü akarsularla taşınan maddelerin birikmesiyle oluşan genç topraklardan meydana gelmiştir. Toprakların özellikleri ırmak yataklarından uzaklaştıkça değişir. %90' dan fazlası kahverengi topraklar %18 oranında alüvyon topraklarla kaplıdır. İlçe toprakları Mudurnu Deresi' nin kollarının beslediği verimli ovalar ile güneyde Samanlı Dağları' nın uzantıları olan yükseklikler ve ormanlıklar ile kaplıdır. Eğim güneyden kuzeye doğrudur, ilçe merkezi E-5 karayolundan güneye doğru 10 km içeride kalmaktadır [10].

Akyazı ilçesi topraklarının %56.9' u sığ, %18' i çok sığ topraklardır. İlçede taşlılık %6.7' lik bir orana sahiptir. Taşlılık genellikle çok dik ve sarp eğimde yer almaktadır. Merkez ilçede, erozyondan hafif etkilenmiş topraklar 173424 ha olup %24.4' lük bir oran teşkil etmektedirler. Orta erozyona uğramış toprakların oranı %9.7, şiddetli erozyona uğramış toprakların oranı %65.9' dur. Kuru tarım alanlarının %58.8' i orta, % 18.2' si şiddetli, meranın %5.1' i orta, %29.1' i şiddetli, orman ve fundalık arazilerin ise %5.2' si orta, %92.5' inde ise şiddetli erozyon görülmektedir. Toprakların %24.2' si derin, %6.3' ü orta derin, %63.6' sı sığ ve %5.9' u çok sığdır. Topografyası sarp olan arazilerde 1072 ha taşlı arazi bulunmaktadır [9].

2.8. Bitki Örtüsü

Kuzey Anadolu kıyı dağlarının uzantısı olan Samanlı Dağları zengin bir orman örtüsü ile kaplıdır. Başta kayın olmak üzere gürgen, kavak, kestane, ihlamur, çınar, akağaç ve meşe başlıca ağaç türlerini oluşturur. Akyazı' nın güneydoğusundaki Keremali Dağı ile Göktepe orman serileri kayın ve meşe topluluklarından oluşur. Bu ormanlardan kerestecilikte yararlanır. Akyazı' da kerestecilik ve yan ürünleri sanayi bir hayli gelişmiştir [10].

2.9. Deprem Durumu

Akyazı ilçesi, TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü' nün 18.04.1996 tarihli yeni Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası' na göre 1. derece deprem

bölgesinde kalmaktadır. Türkiye' nin en önemli etkin, doğrultu atımlı fayı olan Kuzey Anadolu fayı ilçeden bölgeden geçmektedir. Birinci derece deprem bölgesinde deprem ivmesinin (A) 40 g' den büyük olması beklenmektedir [9].

17 Ağustos 1999 Marmara depremi bölgenin son yıllardaki en önemli depremidir. Söz konusu deprem bölgede çok şiddetli hissedilmiş olup özellikle il merkezinde bazı binaların yol olmasına neden olmuştur. Ancak deprem binaların yıkılması ile birlikte altyapı tesislerini de tahrip etmiştir [5].

2.10. Kuzuluk Kaplıcaları

Kuzuluk kaplıcası ilçenin en önemli kaplıcasıdır. Selçuklular döneminden bu yana bilinen bir kür merkezi olan Kuzuluk Kaplıca suyu, her türlü mide, karaciğer, şeker, böbrek, romatizma, üst solunum yolları, nörolojik depresyon v.b. hastalıklar üzerinde olumlu etkiler meydana getirmektedir.

Kuzuluk kaplıcalarının İl Özel İdaresi' nce yapımına başlanılan sağlık ve termal turizm tesisleri, 1994 yılı içinde özel sektöre devredilmiştir. 1996 yılında inşası tamamlanarak faaliyete geçen İhlas Kuzuluk Evleri, Kuzuluk Beldesi' nde bulunan tek kür merkezidir ve her birine 84 °C sıcaklıkta termal şifalı su verilen 1464 devre mülk dairesinden oluşmaktadır. İhlas Kuzuluk Kaplıca Evleri kuaförden alışveriş merkezlerine, çocuklar için hazırlanmış oyun alanlarından zengin seçenekler sunan restaurantlara, günün her saati hizmet veren tam donanımlı Sağlık Evi' nden doğal güzelliklerle dolu yürüyüş alanlarına kadar her çeşit tatil kolaylıklarına sahiptir [1].

2.11. Nüfus

Akyazı ilçesi Sakarya İli' nin güneydoğusunda bulunmaktadır. İlin nüfusu bakımından ikinci büyük ilçesidir. 30 Kasım 1997 tarihinde yapılan nüfus sayımına göre Akyazı' nın nüfusu 20.428' dir. Bu nüfusun 7416' sı ilçe merkezinde, 13012'si ise kasaba ve köylerde ikamet etmektedir.

2000 yılında yapılan son Genel Nüfus Sayımı sonuçlarına göre ise, ilçenin genel nüfusunun 77536 kişiye çıktığı saptanmıştır. Toplam nüfusun 30020'si ilçe merkezinde, 30662'si ilçeye bağlı 42 köyde, 3807'si Altındere Beldesi' nde, 7110' u Kuzuluk Beldesi' nde, 3124' ü Küçücek Beldesi' nde, 2813' ü de Dokurcun Beldesi' nde yaşamaktadır [1].

2.11.1. Köyler

Tablo 2.6. Akyazı ilçesindeki köyler [10]

Köyler	Nüfus 2000	İlçeye Uzaklığı (km)	İle Uzaklığı (km)
Alağağaç	1419	3	35
Ballıkaya	380	20	5023
Batakköy	351	2	20
Bedilkadirbey	342	10	20
Bedilkazancı	767	5	20
Bediltahirbey	316	7	47
Beldibi	596	19	39
Bıçkıdere	325	10	56
Boztepe	1194	28	35
Buğdaylı	383	8	56
Çakıroğlu	465	22	25
Çatalköprü	1231	11	3062
Çıldırılar	531	8	55
Dedeler	628	25	36
Durmuşlar	478	21	20
Düzyazı	540	5	20
Erdoğdu	840	7	17
Eskibedil	596	8	56
Gebeş	126	13	59
Gökçeler	477	23	39
Güvençler	310	28	65
Güzlek	440	8	35
Hanyatak	559	35	35
Harunusta	405	5	60
Hasanbey	583	4	35
Haydarlar	575	30	34
Kabakulak	616	5	34
Kızılıcıkorman	671	11	18
Kumköprü	404	9	25
M.Yeniköy	914	9	38

Tablo 2.6 (Devam)

Madenler	218	37	40
Mansurlar	305	25	55
Osmanbey	977	7	22
Pazarköy	1266	3	33
Karaçalılık	865	3	18
Kepekli	222	9	34
Reşadiye	436	11	45
Salihye	501	7	37
Seyfeler	657	2	25
Sukenarı	593	20	45
Şerefiye	591	9	41
Taşagıl	706	23	53
Taşburun	1758	8	39
Taşyatak	891	25	54
Topağaç	1139	7	18
Türkormanköy	389	11	20
Uzunçınar	542	7	36
Vakıf	1042	4	20
Yağcılar	750	3	33
Yahyalı	495	3	25
Yenidoğan	365	17	30
Yeniormanköy	423	11	15
Yongalık	463	14	46
Yörükleri	399	36	66
Yuvalık	1288	3	34

2.11.2. Beldeler

- Altındere : Yüzölçümü 18 km², ilçe merkezine uzaklığı 4 km ve Nüfusu 3807' dir.
- Dokurcun : Yüzölçümü 44 km², ilçe merkezine uzaklığı 32 km ve nüfusu 2813' tür.
- Küçücek : Yüzölçümü 38 km², ilçe merkezine uzaklığı 7 km ve nüfusu 2734' tür.

- Kuzuluk : Yüzölçümü 8 km², ilçe merkezine uzaklığı 6 km ve nüfusu 7110' dur [10].

2.12. Sosyo – Ekonomik Durum

Oldukça eski bir tarihe sahip olan Akyazı ilk kez 1075 yılında Türk egemenliğine girmiş ise de daha sonra Bizans İmparatorluğu' na katılmıştır. 1324 yılında Akçakoca tarafından Osmanlı topraklarına katılan Akyazı, 1944 yılında Kocaeli' ne bağlı bir ilçe durumuna gelmiş, 1954 yılında ise Sakarya İli' ne bağlanmıştır. Verimli topraklara sahip olması ve tarımsal üretimde verimlilik olmasından dolayı ilçe kırsal karakter taşımaktadır. Geyve ve Hendek gibi 3. kademe mal ve hizmetlerini sunan Akyazı ilçesi, bütün köylerin hizmetini karşılar durumdadır.

Nem oranının bütün yıl boyunca yüksek olması nedeniyle ilçede çok çeşitli ürünler yetiştirilebilmektedir. İlçe bütününde mısır, buğday, patates gibi ürünler elde edilmekle birlikte meyvecilik de önemli yer tutar. Pancar, kavak ve yonca üretimi de yapılmaktadır. En çok yetiştirilen ürün fındıktır. Traktör sayısının son derece fazla olduğu Akyazı' nın ekilebilir toplam alanı takriben 250 hektardır.

Kentin ciddi bir sanayi etkinliği yoktur. Bu nedenle de bu sektörde çalışanların yüzdeleri %16 civarındadır. Bu sektörde çalışanların büyük bir bölümü imalat sanayinde çalışmaktadır. Bölgede 2 adet süt işleme fabrikası ile 1 mezbaha bulunmaktadır.

Oldukça önemli nakliyatçılık sektörünün bulunduğu Akyazı, Adapazarı' ndan sonra hizmet üretebilen bir ticari yoğunluğu bünyesinde barındırmaktadır. İlçe oldukça gelişmiş olup hemen hemen tüm kamu hizmetleri bulunmaktadır. İlçede yer alan kamu hizmetlerinin birçoğu Hükümet Binası' nda toplanmıştır [5].

2.12.1. Tarım

Akyazı' da yaşamakta olan insanların geçimi tarıma dayalıdır. Yıllık ortalama yağış miktarı 800 mm olan ilçede mısır başta olmak üzere, pancar, tütün, buğday, yem

bitkileri çokça, sebze ve meyve de kısmen yetiştirilmektedir. Tarım işletmelerinin büyük çoğunluğu 5-2000 dekar arasında değişmektedir. Dağlık arazilerde fındık üretimi fazladır ve yıla ortalama 11000 ton fındık toplanmaktadır. Orman alanları dağlık kesimlerde büyük yer kaplamaktadır. Kerestecilik de ilçede önemli bir geçim kaynağı olduğundan kavak ağacı dikimi de önemli yer tutmaktadır. Son zamanlarda seracılığa verilen önem meyvesini vermeye başlamış ve bölge halkının geçim kaynakları arasındaki yerini almıştır [1].

Tablo 2.7. Tarım arazilerinin dağılımı (ha) [4]

Tarla Arazisi	13349
Meyvelik Alan	7550
Sebzelik Alan	432
Sera Alanı	2.4
Kavaklık Alan	2540

2.12.2. Hayvancılık

Bölge halkının bir geçim kaynağı da hayvancılıktır. 500 civarında tavuk kümesinin bulunduğu ilçede besi ve yumurta tavukçuluğu yapılmaktadır. İlçede 373 adet piliç tavuk işletmeciliği bulunmaktadır. Çoğunlukla büyük baş hayvancılığı yapılmaktadır. Büyük ve küçükbaş hayvan sayısı 17100, kanatlı hayvan sayısı 63800 adettir. Akyazı' da son zamanların gözde işlerinden biri de alabalık tesisleridir. Şuanda Akyazı' da 25' in üzerinde alabalık üretim çiftliği vardır. Ormanda yaşayan halkın gelir kaynaklarından biri de arıcılık ve ipekböceği ile birlikte yaban çileği üretimidir. 1150 adet fenni arı kovanı mevcuttur. Yıllık süt üretimi 24352 ton, et üretimi ise 282340 kg civarındadır [1].

2.12.3. Sanayi

İlçede tarımla birlikte paralel olarak gelişmekte olan sanayi yöre halkının kazanç elde ettiği dallardan biridir. İlçe coğrafi durum ve ulaşım itibariyle sanayileşmeye elverişlidir. Akyazı Ticaret ve Sanayi Odası' na kayıtlı; Yazaki, Baysan, Alimeks

Alüminyum, Della Gıda, Aydın Örne, Çak Tekstil, İşmont, un fabrikası, süt ürünleri, Kilmak, hayvan yemi kurutma tesisleri, maden suyu, içme suyu dolun tesisleri, mobilya sanayi ve tekstil gibi irili ufaklı fabrikalarıyla yaklaşık 5500 kişinin istihdamı sağlanmıştır. Bu işletmeler 5 bölgede toplanmıştır. Bunlar; E-5 Karayolu kenarı, Osman Bey köyü civarı, Küçücek Beldesi, Altındere Beldesi, Şerefiye ve Kuzuluk Beldeleri' nde bulunan işletmelerdir. Ayrıca ilçede kereste, lambri vb. 40 civarındaki atölye ile yaklaşık 500 kişinin istihdamı sağlanmaktadır. İlçe Küçük Sanayi Tesisi bulunmakta olup ayrıca Organize Sanayi Bölgesi' nin Ağustos 2005 tarihi itibariyle kurulması için çalışmalara başlanmıştır [1,4].

2.12.4. Ticaret

Akyazı' da ticaret de önemli yer tutmaktadır. İlçede üretilmekte olan tarım ürünlerinin yanı sıra orman ürünlerinin de ilçe dışına pazarlanması ekonomiye önemli katkı sağlarken ticari hayata da hareketlilik kazandırmaktadır [1].

2.13. Turizm

Akyazı, mevcut potansiyeline rağmen turizme açılmamış bir ilçedir. İlçeyi ziyaret edenlerin başında yerli turistler gelmektedir. İhlas Holding tarafından 1996 yılında Kuzuluk' ta yaptırılan kaplıca tesislerinden yılda yaklaşık 100000 kişi devre mülk usulü ile yararlanmaktadır. Ayrıca mevcut olan yaylalar, tabii göller ve ormanların da turizm alanına etkisi vardır. Bunun yanı sıra alabalık tesisleri de birçok turist çekmektedir [1].

2.14. Kültür ve Tabiat Varlıkları

İlçedeki Keremali Tepesi tabiat varlıklarının başında gelmektedir.

- Akyazı' daki türbeler :

1. Mir Ali, Emir Ali ; Ballıkaya köyündedir.
2. Üç Şehitler; Taşyatak köyünün Domuzgölü mevkiindedir.

3. Şehit Kerim Türbesi; Pazarköy' de olup, türbe bina içindedir.
 4. Şehit Kerem Ali Türbesi; Keremali Tepesi' nin zirvesindedir.
 5. Yedi Kardeşler Türbesi; Ömercikler Mahallesi Tekke sokaktadır.
- Aksartepe Kalesi : Alağaç ve Kuzuluk Beldesi ayrımında yükselen sarp kayadır. Efsanevi özelliği yüzünden define arayıcılarının hedefi olmuştur.
 - Kilise kalıntıları : Eski bir geçmişe sahip olan Akyazı' nın dağlık bölümlerindeki yerleşim yerlerinde kilise kalıntılarına rastlanmaktadır.
 - Mudurnu Deresi : Sakarya Nehri' ne bağlanan Mudurnu Deresi ilçenin sınırları içinden geçmektedir.
 - Yaylalar :
 1. Acelle Yaylası
 2. Sultanpınar Yaylası
 3. Keremali Yaylası
 4. Boztepe Yaylası
 5. Susuz Yaylası [1]

2.15. Ulaşım

Akyazı ilçesi ulaşım açısından Türkiye' nin en şanslı ilçelerinden biridir. E-5 ve D-100 Karayolu ile TEM Otoyolu ilçe sınırları içinden geçmektedir. İlçenin diğer ilçelerle olan yollarının tamamı asfalt ve bakımlı yollardır. Akyazı-Hendek arası 33 km' dir. Mudurnu ilçesi 60 km, Karapürçek 12 km, Geyve ilçesi 65 km mesafededir. İlçenin bazı köy yolları asfalt olup, tüm köylerle bağlantısı vardır. Kışın çok kar yağdığında birkaç köyün kısa süreli olarak ilçe ile karayolu bağlantısı kesilmektedir. Ayrıca, Mudurnu-Nallıhan Ankara karayolunun tamamlanması halinde Akyazı' dan başka il ve ilçelere ulaşım daha kolay bir hale gelecektir. İlçenin il merkezine olan uzaklığı 29 km' dir [10].

2.16. İlçedeki Taşkın ve Atıksu Arıtma Tesisleri

Akyazı ilçesi, doğal güzellikleri ve sıcak su kaynakları ile Türkiye' nin önemli termal turizm alanlarından biridir. Ayrıca önemli turizm merkezlerinden Sapanca ve Abant' a yakınlığı ile de önem taşımaktadır. Ancak, hızlı nüfuz artışı, turizm potansiyeli ve altyapının yetersizliği, çevresel problemleri de beraberinde getirmektedir. Doğal kaynakların ve yerleşim yerlerinin kirlilikten korunması ve halkın sağlığı açısından çevre sorunlarının acilen çözümlenmesi gerekmektedir.

Atıksu arıtma tesisi, daha önce projelendirilerek inşası yapılan kolektör hattının kasabanın batısındaki Karacasu Deresi' ne deşarj edilmesi yerine bir atıksu arıtma tesisinin projelendirilerek inşaatının yapılması ve nehrin kirliliğinin en aza indirilmesi için yapılmıştır.

Atıksu arıtma tesisi iki kademeli olarak projelendirilmiştir. Tesisin ilk olarak 1. kademe üniteleri inşa edilecek olup, 2015 yılında 2. kademe üniteleri inşa edilecektir. Akyazı ilçesinde kanalizasyon şebekesine atıksu verecek önemli bir sanayi kuruluşu yoktur. Sadece belediyeye ait bir mezbaha ve 2 adet süt işletmesi ile 1 adet Küçük Sanayi Sitesi mevcuttur [9]. Ayrıca, ilçede taşkın tesisleri de bulunmaktadır. Tablo 2.8' de ilçedeki taşkın tesisleri görülmektedir [8].

Tablo 2.8. Akyazı ilçesindeki taşkın tesisleri [8]

Taşkın Tesisinin Adı	Taşkın Tesisinin Yeri (ilçe)	Koruma Alanı (ha)	Koruduğu Yerleşim Yeri ve Adedi
Altındere Dinsiz Köprüsü	AKYAZI	-	-
Çakıroğlu köyü taş. kor.	AKYAZI	-	1mahalle
Tektaban köyü kuzeyi 6 köy ar. taş. kor.	AKYAZI	250	6 köy
Reşadiye köyü	AKYAZI	13	1 köy
Hasanbey köyü Nenedur deresi	AKYAZI	10	-
Hocaköy-Mesudiye ve Karapürçek köyü	AKYAZI	39	1 köy
Haydarlar köyü- İlmiye mah.	AKYAZI	-	1 mahalle
Kallen çayı ıslahı	AKYAZI	142	-
Durmuşlar köyü ve arazisi	AKYAZI	15	1 cami, 32 ev, ilkokul
Karapürçek Mecidiye köyü	AKYAZI	95	-
Beldibi Taşyatak köyü arazileri	AKYAZI	-	-
Kanlıçay Sel Kapanı ve Kanlıçay Kanalı	AKYAZI	1106	-
Akyazı Uludere Taşkın Tesisleri	AKYAZI	-	-
Akyazı Küçücek Deresi Taşkın Tesisleri	AKYAZI	-	-
Pazarköy Bıçkı Dere, ve Nenedur Kanalı	AKYAZI	100	10 ev
Altındere Kanalı Taşkın Tesisleri	AKYAZI	-	17 ev

2.17. Mudurnu Deresi' ni Kirleten Kaynaklar

2.17.1. Sanayiden kaynaklanan kirlilik

Akyazı' da tekstil sanayi, gıda sanayi, alüminyum sanayi, pvc sanayi, turizm işletmesi, otomotiv yan sanayi, su dolum tesisi ve meşrubat sanayi olmak üzere 25 adet işletme bulunmaktadır. Bu işletmeler E-5 Karayolu kenarında, Osmanbey Köyü civarında, Küçücek Beldesi Sanayi Alanı' nda, Kuzuluk ve Şerefiye Beldeleri' nde yer almaktadır. Bu işletmelerin 10 tanesi ise Mudurnu Deresi kenarında kurulmuştur. Akyazı' da sanayinin merkezi Küçücek Sanayi Alanı' nda yer alan işletmelerdir. Burada tekstil ağırlıklı işletmeler bulunmaktadır [4].

2.17.1.1. Akyazı ilçesindeki sanayi tesisleri

1. Della Gıda San. ve Tic. A.Ş.
2. Başer Un Fabrikası
3. Birteks Sakarya İplik San. ve Tic. A.Ş.
4. Nişsan Tarım Ürünleri Nişasta San. ve Tic. A.Ş.
5. Çamlıca (Cola Turka) Alkolstüz İçecekler Fabrikası
6. Subor Boru San. ve Tic. A.Ş.
7. Yazaki Otomotiv Yan San. ve Tic. A.Ş.
8. İşmont Tekstil Üretim Paz. San. ve Tic. A.Ş.
9. Aydın Örme San. ve Tic. A.Ş.
10. Baysan Boya ve Tekstil San. ve Tic. A.Ş.
11. Çak Spor Giyim San. Tic. A.Ş.
12. Asaş Alüminyum San. ve Tic. A.Ş.
13. Alimeks Alüminyum San. ve Tic. Ltd. Şti.
14. Gülistan Gipür Fabrikası
15. Kilmak Kaynak Makinaları
16. İmage Group Tekstil İşletmeleri A.Ş.
17. Aytaç Meyve Suyu ve Su Fabrikası
18. Borutaş Boru San. ve Tic. A.Ş.
19. Kuzuluk Madensuyu Dolu Fabrikası

20. Şerefiye Kaynak Suyu Dolum Fabrikası
21. Ayazlar
22. Milkon Süttozu Fabrikası
23. Varan Tekstil
24. Euro Scientifisc
25. İhlas Ev Aletleri [10]

2.17.2. Endüstriyel kaynaklı kirlilik

Akyazı' da; Küçücek Beldesi Sanayi Alanı, Kuzuluk Beldesi ve E-5 Karayolu kenarında olmak üzere 5 adet önemli işletme yer almaktadır. Günlük atıksu debileri toplamı 5000 m^3 olup deşarj izinleri bulunmaktadır. Bunlardan iki tanesi un fabrikası, 4 tanesi alabalık tesisi olup diğeri süt ve süt ürünleri üretimi yapmaktadır. Bu işletmelerin günlük atıksu debileri 1000 m^3 ' tür. Akyazı' da; Küçücek Beldesi Sanayi Alanı' nda 2 adet işletme bulunmaktadır. Bu işletmelerin deşarj izinleri bulunmakta ve günlük ortalama debi toplamı 150 m^3 ' tür. Oluşan atıksular arıtmadan sonra Mudurnu Deresi' ne deşarj edilmektedir. Akyazı' da; turizm işletmesine ait 1 adet işletme yer almaktadır. Bu işletme Kuzuluk Beldesi' nde yer almaktadır. 1464 konutun bulunduğu işletmede 270 personel 3 vardiya halinde çalışmaktadır. Evsel atıksular ve endüstriyel atıksular için ayrı ayrı 2 adet arıtma tesisi bulunmaktadır. Günlük evsel atıksu debisi 1000 m^3 ' tür. Akyazı İlçesi Kuzuluk Beldesi' nde 1 adet su dolun tesisi bulunmaktadır. Günlük su debisi 30 m^3 ' tür. Akyazı' da; Kuzuluk Beldesi' nde otomotiv yan sanayi alanında faaliyet gösteren 1 adet işletme bulunmaktadır. Prosesle ilgili bir atıksu oluşmamaktadır. Günlük evsel atıksu debisi 200 m^3 ' tür. Oluşan atıksular Mudurnu Deresi' ne deşarj edilmektedir. Akyazı' da; meşrubat sanayi alanında faaliyet gösteren 1 adet işletme bulunmaktadır. Günlük atıksu debisi 150 m^3 ' tür [4].

2.17.3. Eysel Kaynaklı Kirlilik

2.17.3.1. Akyazı ilçe merkezinden kaynaklanan kirlilik

Son yapılan nüfus sayımına göre Akyazı ilçesinin toplam nüfusu 77.536 kişidir. Bu nüfusun 30.020' si ilçe merkezinde, 30.662' si köylerde yaşamaktadır. Bir kişinin günlük olarak ortalama 150 L/gün su kullandığı varsayılırsa, oluşan evsel atıksu miktarı Akyazı-ilçe merkezi için $30.020 \times 150 \text{ L} = 4503000 \text{ L/gün}$ olur ki, bu da $4503 \text{ m}^3/\text{gün}$ demektir. Akyazı kanalizasyonu artırılmadan Mudurnu Deresi' ne deşarj edilmektedir [4].

Oluşan BOI_5 yükü ; $54 \text{ gr } \text{BOI}_5/\text{kişi.Gün} \times 30.020 = 1621 \text{ kg } \text{BOI}_5/\text{gün}$ dür.

2.17.3.2. Diğer yerleşim birimlerinden kaynaklanan kirlilik

Akyazı İlçesi' ne bağlı Dokurcun, Küçücek ve Kuzuluk Beldeleri, Bedilkadirbey, Kazancı, Erdoğan, Salihye, Taşburun, Yongalık, Beldibi, Durmuşlar, Mansurlar, Gökçeler ve Sepetçiler köyleri Mudurnu Deresi'nin kıyısında yer almaktadır. Buralarda yaklaşık olarak 15.000 kişi yaşamaktadır. Oluşan evsel atıksular da sızdırmalı fosseptiklerde biriktirmektedir. Bu yerleşimlerden Mudurnu Deresi'ne gelen kirlilik yağışlı mevsimlerin haricinde Mudurnu Deresi' ne ulaşmadan toprak tarafından emilmektedir [4].

2.17.4. Tarım ve Tarım İlaçlarından Kaynaklanan Kirlilik

2.17.4.1. Kullanılan gübre cinsleri ve miktarları

Kullanılan gübrelerin ancak belirli bir kısmı bitkiler tarafından kullanılmaktadır. Geriye kalan kısmı Mudurnu Deresi' ne karışmaktadır. Akyazı ilçesinde tarlalarda kullanılan gübrelerin cinsleri ve miktarları Tablo 2.9' da verilmiştir.

Tablo 2.9. Gübre cinsi – miktarı (kg) [4]

% 21 A. Sülfat	2.556.700
% 26 A. Nitrat	11.033.050
% 46 Üre	13.750.800
% 42 – 44 T.S.P	1.685.200
% 18 – 46 DAP	441.700
20.20.0 Kompoze	24.008.850
15.15.15 Kompoze	6.141.700
20.20.0 % 1 Zn	30.400
15.15.15 % 1 Zn	12.300
% 50 K 20 P.Sülfat	388.700
13.0.46 P. Nitrat	27.850

Tarım arazilerinde toprakları yörenin bol yağış almasından dolayı asidik karaktere sahip olması nedeniyle Tablo 2.9' da görüleceği üzere daha çok azotlu gübreler kullanılmaktadır.

Tarımda kullanılan yaklaşık azotlu gübre (A. Nitrat ve Üre) miktarı = 24.783.850 kg/yıl' dır. Tarım arazilerinden kaynaklanan kirlilik % 95 azotlu gübrelerden kaynaklanmaktadır. Toplam tarım arazisi = 23.894 hektardır [4].

Birim alandan kaynaklanan azot miktarı = 35 kg N/ha – yıl' dır.

Buna göre tarımdan kaynaklanan toplam kirlilik;

= 23.894 ha x 35 kg N/ha – yıl = 836290 kg N/yıl' dır.

2.17.5. Diğer Kirleticiler

2.17.5.1. Orman alanları

İlçede bulunan toplam ormanlık alan (kavaklık) = 2540 ha' dır. Birim alandan kaynaklanan azot miktarı = 15 kg N/ha – yıl'dır.

Buna göre orman alanlarından kaynaklanan toplam kirlilik;

$$=2540 \text{ ha} \times 15 \text{ kg N/ha} - \text{yıl} = 38100 \text{ kg N/yıl'dır [4].}$$

2.17.5.2. Meralar

İlçede bulunan toplam mera 3220 ha' dır. Birim alandan kaynaklanan azot miktarı = 5 kg N/ha – yıl' dır.

Buna göre meralardan kaynaklanan toplam kirlilik;

$$= 3220 \text{ ha} \times 8 \text{ kg N/ha} - \text{yıl} = 25760 \text{ kg N/yıl' dır [4].}$$

2.17.5.3. Akyazı çöp alanı

Akyazı ilçesi ve belde belediyeleri çöpleri bu alana dökmetedir. Bu alanın sınırları belli değildir. Çöp alanının kirliliğe olan etkisi tam olarak belli değildir. Ancak Akyazı-Dokurcun arasında ölçülen ağır metallerin normal değerlerin üstünde çıkması, bu çöp alanına dökülen katı atıkların sızıntı sularından kaynaklanabileceği kanaatine varılmıştır [4].

BÖLÜM 3. NUMUNE ALIMI VE İNDİKATÖR SEÇİMİ

3.1. Makroinvertebratlar Hakkında Genel Bilgi

Sucul invertebratlar sularımızın dip kısımlarında yaşarlar. Genellikle, bentik makroinvertebratlar veya dip canlıları olarak adlandırılırlar ve su kalitesinin iyilik durumunu gösterirler. Çünkü onlar:

- Hayatlarının çoğunu veya büyük bir bölümünü suda geçirirler
- Hayatta kalmak için uygun bölgelerde yaşarlar
- Toplanmaları kolaydır
- Kirliliğin miktar ve tipine göre toleransları farklıdır
- Laboratuarda tanımlanmaları kolaydır
- 1 yıldan daha uzun süre yaşarlar
- Hareket yetenekleri sınırlıdır
- Çevre koşulları için integratör olurlar

Bazı dip canlıları genellikle temiz veya organik kirliliğin olmadığı sularda sıklıkla ve büyük miktarlarda bulunmaktadır. Çok fazla organik madde yoksa, sular genellikle dip canlıları için fazla miktarda oksijen içerirler. İndikatörler yıllardır su kalitesinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Örneğin, stoneflies sıklıkla temiz su dip canlısı olarak dikkate alınır. Fakat, su kalitesi profesyonelleri kirli suların göstergesi olarak (özellikle göller ve akıntılarda) sıklıkla kurtlar ve midges (titresinek) türü canlıları görürler.

Maalesef, bunlar her zaman doğru sonucu vermezler. Oksijen dip canlılarını etkileyen faktörlerden sadece bir tanesidir. Diğerleri; zehirli kimyasallar, besin ve doğal ortam kalitesidir. Stoneflies' ın bazı türleri temiz olmayan sularda; solucan ve midgeslerin bazı türleri de temiz sularda bulunabilir. Bu yüzden, türleri ve sucul

yaşam için suların sağlıklı veya kirlenmiş olup olmadığını iyi belirleyebilmek açısından bazı karmaşık metotları anlamak son derece önemlidir. Sucul çevrenin türüne bağlı olarak, göl gibi temiz kategoriye giren durgun sular biraz kirliliğe müsamaha gösterirler [11].

Dominik Cumhuriyeti' nin sucul invertebratları çok çeşitlidir ve pratik olarak tanımlanamamaktadır. 1999-2001 yılları arasında, Darwin' in başlattığı projenin bir parçası olarak ülkenin başından sonuna kadar yazarlar tarafından 38000' in üstünde örnek toplanmıştır. Projenin en önemli amacı, ülkedeki sucul invertebratların bioçeşitliliğinin ve su kalitesi ile invertebratlar arasındaki ilişkinin araştırılmasıdır. Bu proje sırasında toplanan tüm örnekler Santo Domingo' da bulunan Museo de Historia Naturales' deki kaynak koleksiyonunda bulunmaktadır.

Bu proje sırasında bulunan böcek aileleri burada listelenmiştir ve basit bir anahtar onların tespit edilmesini sağlar. Sucul invertebratlar hem sucul ve yersel ekosistemler için zorunlu bir bileşendir, hem de özellikle su kirliliği açısından risklidir. Küçük ekonomik değerlerine rağmen, göllerin izlenmesinde paha biçilemez bir kaynaktır.

Sucul invertebratlar küçük ekipmanlar yardımıyla veya hiç ekipmana gerek duyulmadan alandan kolaylıkla toplanabilir. Gerçekten, sığ bir gölün kenarındaki bir taşı kaldırarak düzinelerce böcek larvası veya sucul salyangozlar bulunabilir. Ancak küçük bir ağ ile invertebratların büyük grupları toplanabilmektedir. Göllerden veya akıntılardan sucul invertebratların toplanmasında "kick-sampling" denilen bir yöntem tercih edilmektedir. Akıntı yüzeyi ve vücuttan yarım metre uzaklıkta tutulan ağ tekmeleme hareketi ile organik ve inorganik materyaller ile dolar ve invertebrat örnekleri toplanır. Sucul bitkiler ve kütüklerin altından alınmış örnekler, bir sucul invertebratın yaşayabileceği mikro doğal ortama ihtiyaç duyarlar.



Şekil 3.1. Kick-sampling yöntemiyle örneklerin toplanması [12]

Ağın içindeki invertebratlar göl kıyısında, plastik bir tepsiye biraz su ile birlikte boşaltılır. İnvertebratların tamamı, iyi bir cımbız veya küçük bir fırça kullanılarak ayıklanır. Yaşayan türler, bulunmaları gereken ortamdan uzaklaşınca hızla ölürler. Bu yüzden, uygun bir akvaryum, alkol veya feramoldehit ile korunmalıdırlar. %70' lik bir standart hazırlanır. Sınıfa veya laboratuara döndüğünde, el büyüteci veya binoküler mikroskoptan herhangi biri kullanılarak türler tanımlanır [12].



Şekil 3.2. İnvertebratların ayıklanması [12]

Ephemeroptera (Mayflies) :

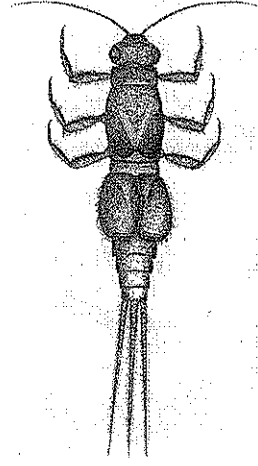
1a/ Erimiş notum ile güçlü göğsü arasında boylarının yarısından daha az uzunlukta önde kanatları vardır, karnındaki ikinci bölümde bulunan solungaçlardan herhangi biri yoktur, gizlenmiş veya kapalıdır

1b/ Öndeki kanatlar serbesttir, boylarının yarısı veya yarısından daha fazlası boyunca ayrıktır, karınlarındaki ikinci bölümde solungaçları vardır, değişikdir, fakat asla kapaklı değildir

2a/ Karnındaki ikinci bölümde bulunan solungaçlar yuvarlak ya da üçgenseldir

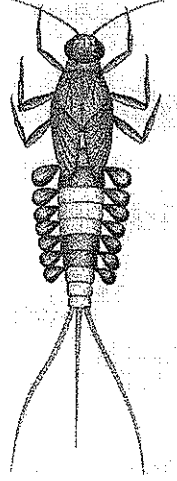
Tricorythidae :

2b/ Karnındaki ikinci bölümde bulunan solungaçlar dört köşelidir



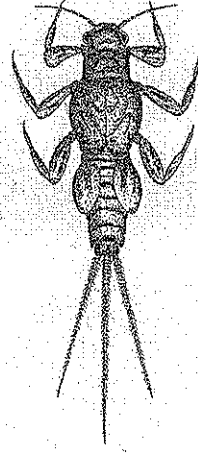
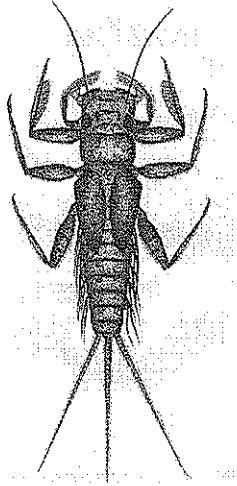
Şekil 3.3. Caenidae familyasına ait bir tür [12]

3a/ Karnındaki 2-5 bölümlerinde bulunan solungaçlar çatallaşmış veya çifttir ve uzunlamasınadır



Şekil 3.4. Leptophlebiidae familyasına ait bir tür [12]

3b/ Karındaki 2-5 bölümlerindeki solungaçlar bölümleri kaplamıştır



Şekil 3.5. Baetidae familyasına ait türler [12]

Odonata (Dragonflies and Damselflies) :

1a/ Karın kuyrukla sonlanmaktadır

Protoneuridae :

1b/ Karın kuyruk dışındadır

2a/ Dudağı kaşık şeklindedir

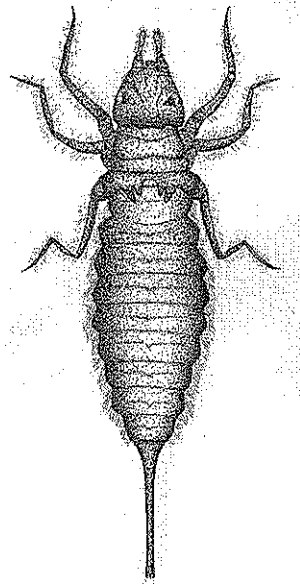
Corduliidae :

2b/ Dudakları düzdür

3a/ Antenleri yumru şeklindedir, üçüncü bölümü oldukça büyüktür

Gomphidae :

3b/ Antenleri uzun ve incedir



Şekil 3.6. Gomphidae familyasına ait bir tür[12]

Trichoptera (Caddisflies) :

1a/ Göğüs bölgesi etli veya küçük ayrık tabakalarla kaplıdır

1b/ Göğüs bölgesi iyi gelişmiş tabakalarla sırtı kaplar

2a/ Dallanmış solungaçlı karın bölgesi vardır

Hydropsychidae :

2b/ Karın bölgesinde dallanmış solungaçlar yoktur

Hydroptilidae :

3a/ Dorsal göğüs bölgesi etli veya küçük ayırık tabakalarla kaplıdır

3b/ Dorsal göğüs bölgesi iyi gelişmiş veya bağlantı tabakalıdır

Glossomatidae :

4a/ Anal ön bacakların çoğu serbest ve iyi gelişmiştir

5a/ Pençeleri membranöz ve T şeklindedir

Philopotamidae :

5b/ Pençeler çok değişmemiştir

Polycentropodidae :

6a/ Vücudu oldukça kavislidir

Helicopsychidae :

6b/ Vücudu çok kavisli değildir

7a/ Antenleri kısa ve göze çarpmaz

Brachycentridae :

7b/ Antenleri değişik uzunluklardadır ve dikkat çekicidir

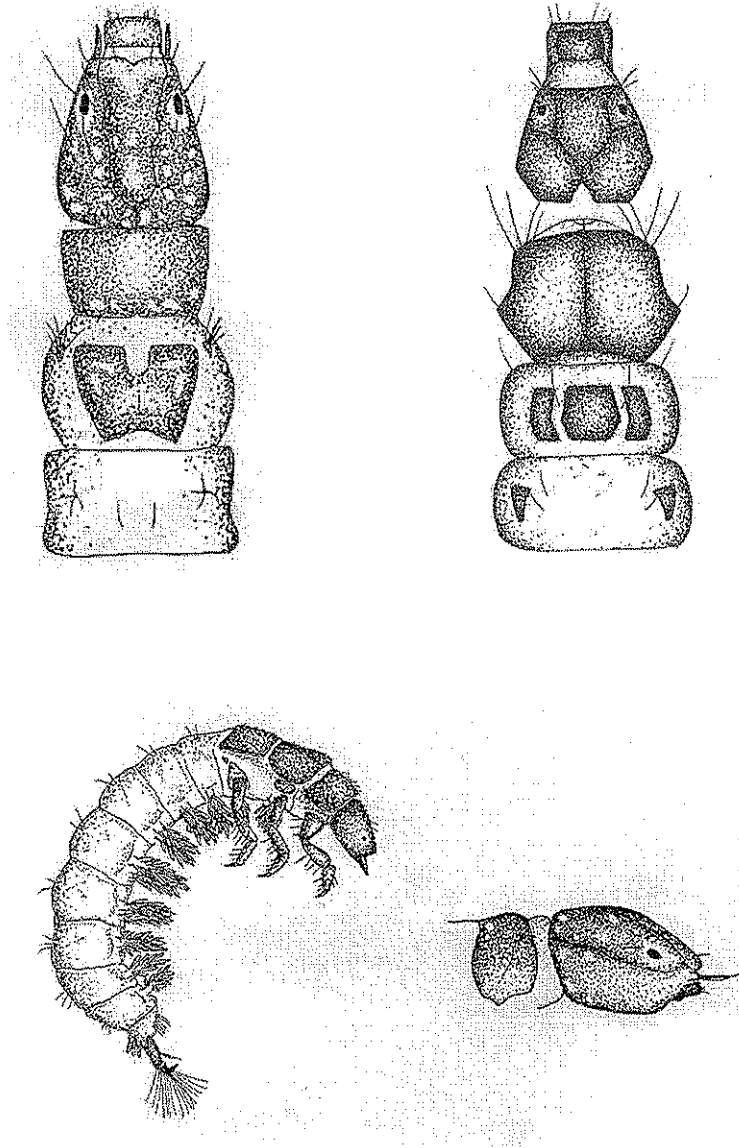
8a/ Karnındaki birinci bölümde çeşitli dorsolateral kıllar vardır

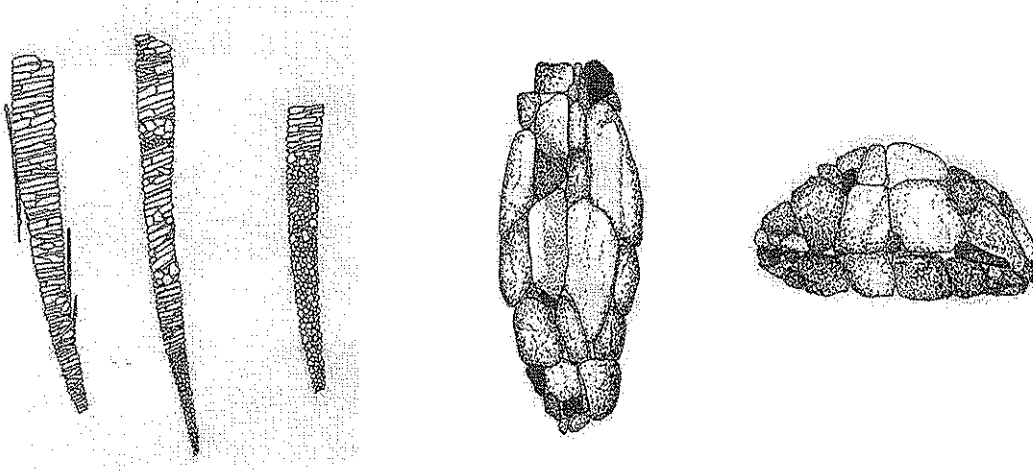
Odontoceridae :

8b/ Karnının birinci bölümünde 5' ten az dorsolateral kıl vardır

Leptoceridae :

Bazı Limnephilidaeelerin hörgücü yoktur





Şekil 3.7. Leptoceridae familyasındaki türlere ait kısımlar [12]

Coleoptera adults (Beetles) :

1a/ Gözleri sırtının ön bölgesindedir

Gyrinidae :

1b/ Bir çift bölünmemiş gözü vardır

2a/ Vücudu aerodinamik bir yapıya sahiptir, arka ayaklarında yüzmeyi sağlayan kılları vardır

2b/ Vücudu aerodinamik bir yapıya sahip değildir, arka ayaklarında yüzmeyi sağlayan kılları yoktur

Elmidae :

3a/ Antenler yumru şeklindedir

Hydrophilidae :

3b/ Antenler yumru şeklinde değildir

Coleoptera larvae :

1a/ Bacakları 5 parçalıdır

1b/ Bacakları 6 parçalıdır

2a/ Karın bölgesi 8 parçalıdır

Dytiscidae :

2b/ Karın bölgesi 9 veya 10 parçalıdır

Gyrinidae :

3a/ Karın bölgesi 8 parçalıdır, genellikle yumuşak vücutludur

Hydrophilidae :

3b/ Karın bölgesi 9 parçalıdır, genellikle sert vücutludur

Diptera larvae (Flies) :

1a/ Kafası tamamen şekillenmiş ve göğsünden ayrıktır

1b/ Kafası göze çarpmaz, çok iyi şekillenmemiştir, sık sık vücudundan çıkarak sivrilir ve vücuduna geri çekilir

2a/ Göğsünün ön bölgesinde bacakları vardır

2b/ Göğsünün ön bölgesinde bacakları yoktur

3a/ Şişkin bir karın bölgesine sahiptir

Sımulidae :

3b/ Karın bölgesi şişkin değildir

4a/ Vücudu boyunca etli bölgeler veya sırt bölgesi kılları mevcuttur

Ceratopogonidae :

4b/ Vücudunda etli bölgeler yoktur, fazlaca kıla sahiptir

Chironomidae :

5a/ Göğüsel bölge erimiştir, genellikle şişkindir (her zaman değil)

Culicidae :

5b/ Göğüs bölgesi farklıdır, karın bölgesinden daha geniş değildir

6a/ Vücut parçaları 2 veya 3' lü ikincil bölümlere ayrılmıştır

Pyschodidae :

6b/ Vücut parçaları bölünmüş değildir

Ceratopogonidae :

7b/ Ayrıca ön ayakları yoktur (orta ayakları vardır)

Tipulidae* :

* Muscidae (ön ayakları olmayabilir) ve Tipulidae (yuvarlak kısımları olmayabilir)'
yi alırken dikkatli olmak gerekir

Diptera pupae (Flies) :

1a/ Gelişmiş antenleri uzundur ve gözlerinin üstüne kadar uzanır

Nematocera :

1b/ Gelişmiş antenleri gözlerinin üstüne kadar uzanmaz

Hemiptera (Bugs) :

1a/ Antenleri dikkat çekici ve kafalarından uzundur

1b/ Antenleri göze çarpmaz ve kafalarından kısadır

Belostomatidae :

2a/ Ön bacaklarındaki pençeler apikaldir

Mesoveliidae :

2b/ Ön bacaklarındaki pençeler preapikaldir [12].

3.2. Makroinvertebrat Numune Alımı ve Saklanması

Su kalitesi tayini için biyolojik yaklaşım, kimyasal analizleri tamamlayıcı olarak gösterilmektedir. Örneğin bazı organizmaların sularda bulunması bu suya kirlilik deşarjının göstergesi olabilmektedir. Yüzeysel sığ sularda bulunan bütün organizmaları tayin etmek oldukça zor olduğundan makroskobik makroinvertebratların tayin edilmesine çalışılmaktadır. Bunların seçilmelerindeki amaç kolaylıkla görülmeleridir. Örnekleme için karmaşık aletlere gerek duyulmaması (el neti ve tepsi yeterli olmaktadır), arazide incelenebilmeleri avantajdır [13].

İndikatör türleri bir nehir havzası veya ekosistemdeki biyolojik şartların belirlenmesinde eşsiz bir göstergedir. Ayrıca meydana gelen kirlilik açısından da bir uyarı sistemi gibidir. Toplulukta bol ve baskın olabilirler ve bazen anahtar tür olurlar. Fauna/flora türlerinin bütün grupları çevresel koşulların değerlendirilmesinde kullanılabilirler. En çok bilinen indikatör türleri balıklar, invertebratlar, periphyton ve macrophytes' tir. Amphibians da ortak indikatör türüdür ve maddeleri kolaylıkla emer [14].

Akarsularda makroinvertebrat tayininde tayini yapacak uzmanın, nehirde güvenli olduğu bölgeler seçilir. Uzman zamanla suya nasıl, nereden gireceği, nasıl duracağı konusunda tecrübe kazanır.

Biyolojik izlemede makroinvertebrat incelemesi her yerden örnek alınması mümkün olmadığından, genellikle örnekleme noktası, gölün geniş bir alanını veya nehrin uzun bir bölümünü temsil edecek şekilde seçilir. Akarsularda su içine rahatça girilebilecek sığ ve bol taşlı, çakıllı yerlerde invertebratlar büyük çeşitlilik gösterir.

Sığ sularda makroinvertebrat tayini için numuneler 780 mm ağzı açık el neti (bir sopanın ucuna bir çerçeve ile tutturulmuş bir ağdan oluşur) ile alınır.

Akarsu tabanına tutulan net hayvanların tabandan nete geçişini sağlamak için suyun akış yönünde tutularak ayaklarla eşeleme yapılır. Aynı zamanda taş, tuğla, tahtalar kullanılarak bunların üstüne yapışmış hayvanlar da net içine alınır. Mollusca veya caddis larvaları gibi yapışkan hayvanlar pens veya çakı ile net içine alınır. Bu işlem 10 m' lik bir mesafede yapılmalıdır. Bütün istasyonlarda standardizasyon sağlamak için numune alma süreleri aynı seçilir.

Derin nehirlerde nehirlerin kıyısındaki bitki ve ağaç kökleri ve ya suda bulunan diğer engeller etrafında dolaşarak numune alınmalıdır.

Netin içindekiler boşaltılır. Önce suda birkaç kez sallanarak yıkanır ve çamuru giderilir daha sonra dikdörtgen ve derinliği 30x50 cm olan kaba boşaltılır. İnvertebratlar gözle tanımlanır, tanımlanamayanlar için de formaldehit ve ya alkol

bulunan şişelere konarak, daha detaylı inceleme ve tanımlama için laboratuara götürülür. Gerekirse tüm numune laboratuara taşınabilir.

Derin akarsu ve göllerde bentozdaki makroinvertebratlar daha az değişim gösterirler. Bunun için özellikle göllerin diplerinden numune almak için kepçeler kullanılır. Bu kepçe ile göl tabanından bir parça koparılır ve kepçe kaldırılarak kenarda tutulan ince delikli bir nete boşaltılır. İçindeki çamurun giderilmesi için numune yıkanır ve içindeki organizmaların incelenmesi ve nitelendirilmesi için tepsi içine ters çevrilir.

Makroinvertebrat numune almada kullanılan malzemeler aşağıda verilmiştir:

- Kepçe ve dreçler
- El ağıları
- Tepsiler
- Taban çamuru numunesi almak için kor aleti
- Hava kaldırıcı (asansörü) [13]

3.2.1. Dünyada kabul gören biyotik indeksler

Arazi çalışması sonucunda elde edilen veriler standartlaştırılmış arazi formlarına geçilir. Böyle bir formda toplanan verilerin işlenmesi için sütunlar ve diğer yararlı bilgilerin unutulmaması için bir kontrol listesi bulunur. Bu veriler biyolojik indeksler ile anlaşılır hale getirilir. Birçok çalışmacı tarafından biyotik indeksler geliştirilmiştir. Bunlar arasında en ünlüleri Trent Biyotik Index (TBI) ve Biological Monitoring Working Party (BMWP) Score' dur. Bu metotların esasında önce invertebrat familyaları için skor tayin edilir. Bu skorlar bir sınıfa karşılık gelmektedir. Böylece bu sınıf, suyun biyolojik kalitesi hakkında bir fikir verir [13].

3.2.1.1. Biyolojik izleme çalışma grubu skor sistemi (BMWP)

BMWP skor sistemi, Chandler Skor Sistemi' ni temel alarak 1976 yılında İngiltere ve İskoçya' da akarsuların biyolojik yönden kalitesini belirlemek üzere oluşturulmuştur. Bu sistemde taksonomik tek düzeliği sağlamak için familya düzeyinde teşhisler tercih edilmiştir. Bolluk faktörü göz önüne alınmamıştır. Toplamaların akarsuların aşınmaya uğradığı bölgelerde yapılması, bu bölgedeki organizmaların çevresel değişikliklere daha hassas olacağı göz önüne alınarak tavsiye edilmektedir. Bu tür örneklemelemlerle elde edilen organizmaları değerlendirmek için kullanılacak bir tablo da aşağıda verilmiştir (Tablo 3.1) [15].

Tablo 3.1. BMWP skor sistemi [15]

BMWP Skor Tablosu		
Grup	Familyalar	Skor
Mayflies, Stoneflies, Tiverbug, Caddisflies or Sedgeflies	Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Ephemerellidae, Potamanthidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheridae, Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae	10
Crayfish, Dragonflies	Astacidae, Lestidae, Agriidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae	8
Mayflies, Stoneflies, Caddisflies or Sedge flies	Caenidae, Nemouridae, Rhyacophilidae, Polycentropidae, Limnephilidae	7
Snails, Caddisflies or Sedge flies, Mussels, Shrimps, Dragonflies	Neritidae, Viviparidae, Ancylidae, Hydroptilidae, Unionidae, Corophiidae, Gammaridae, Platycnemididae, Coenagriidae	6
Bugs, Beetles, Caddisflies or Sedgeflies, Craneflies/Blackflies, Flatworms	Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Corixidae, Haliplidae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Hydrophilidae, Clambidae, Helodidae, Dryopidae, Elmidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Planariidae, Dendrocoelida	5
Mayflies, Alderflies, Leeches	Baetidae, Sialidae, Piscicolidae	4
Snails, Cockles, Leeches, Hog louse	Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Sphaeriidae, Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae, Asellidae	3
Midges	Chironomidae	2
Worms	Oligochaeta (whole class)	1

Tablo 3.2. Biyolojik skorlama ile NWC sınıfları arasındaki bağıntı [16]

NWC SINIFI	TBI	BMWP
1A	10+	65
1B	9,8	41-65
2	7,6,5	21-40
3	4,3	6-20
4	2,1,0	6

Sınıf 1A Sular : Yüksek kaliteli, içme suyu temini ve diğer tüm kullanımlar için uygun olan sular.

Sınıf 1B Sular : 1A sınıfındaki kadar yüksek kalitede olmayan, tüm amaçlar için uygun sulardır.

Sınıf 2 Sular : Az kirlenmiş sulardır. Uygun arıtmadan sonra içme suyu temini için, balıkçılık amacıyla kullanılabilen sulardır.

Sınıf 3 Sular : Kireçlenmiş sulardır. Bu sular bazı endüstrilerin su temininde kullanılabilir.

Sınıf 4 Sular : Aşırı kirli sulardır [16].

İngiltere’ de en önemli sistem olan Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Skor Sistemi (BMWP) kullanılmaktadır. Bu metot, nehir yatağından “tekmeleme” yöntemiyle örnekleme yapmayı içerir. Operatör yüzünü akıntı yönüne dönerek, standart el netini kendi önünde tabana dik olarak tutar. Üç dakika boyunca nehir yatağı ayaklar yardımıyla alt üst edilir ve organizmalar net içine dolar. Yakalanan makroinvertebratlar tanımlanır ve listelenir, her biri kirliliğe olan toleranslarına göre bir skor değerine sahip olur, bolluk hesaba katılmaz.

Her bir aile için tanımlanmış BMWP skorları toplanır. Bu toplam sınıf numaralarına bölünür ve Ortalama skor yüzdesi (ASPT)’ ni verir. ASPT örnek büyüklüğünden bağımsızdır ve BMWP skor sistemine göre mevsimlerden daha az etkilenir. Bu durum da daha tutarlı bir indeks sağlamaktadır [17].

Tatlı su makroinvertebratları, yaşamlarını devam ettirebilmek için sudaki çözünmüş oksijene farklı miktarlarda ihtiyaç duyarlar. Organik ve kimyasal kirlilik ise, sudaki oksijen seviyesini azaltır. Bu bilgi, biyolojik izleme çalışma grubu skor sistemi (BMWP) olarak adlandırılan bir sistemle birlikte değerlendirilir ve akıntı ve ya gölün kalite kategorisi kararlaştırılır. BMWP skorları, makroinvertebratların oksijen tükenmesine karşı duyarlılığını yansıtır. Bu yüzden, numaralar ve akıntıdaki türlerin tipi organik ya da kimyasal kirlilikten etkilenip etkilenmediğinin iyi bir göstergesidir.

Tablo 3.3’ de ölçeklendirilmiş kalite kategorisi görülmektedir [18].

Tablo 3.3. Ölçeklendirilmiş kalite kategorisi [18]

BMWP Skor	Kategori	Yorum
0-10	Çok kalitesiz	Çok Kirli
11-40	Kalitesiz	Kirli
41-70	Orta dereceli	Orta kirli
71-100	Kaliteli	Temiz
>100	Çok kaliteli	Çok temiz

3.2.1.2. Trent biyotik indeks (TBI)

Trent Biyotik İndex (TBI) İngiltere’ de Trent Nehri’ nin izlenmesi için geliştirilmiş olup daha sonra diğer birçok ülkede de kullanılabilecek şekilde adaptasyonları üretilmiştir (Tablo 3.4). Kick-net (tekmeleme) yöntemi ile toplanmış taban büyük omurgasızları familya, cins ve ya tür düzeyine kadar teşhis edilerek skorları saptanır. Ancak organizmalar sayısal olarak indekste değerlendirilmez. Toplanan materyaldeki kirliliğe hassas anahtar gruplar ile komponent grupların sayıları indeksin temelini oluşturur. Temiz akarsularda indeks değeri 10 olarak saptanır. Kirliliğin artışı ile bu sayı düşer. TBI’ in hassasiyetini arttırabilmek için indeks değeri 0-15 şeklinde değiştirilmiş olup “Genişletilmiş Biyotik İndeks” adı verilmiştir. Bu iki indeksin de eleştirilen en önemli noktası bolluğun indekslerde göz önüne alınmamış olmasıdır. Bu nedenle sürüklenme gibi etmenlerle tesadüfen ortamda bir bireyle temsil edilen

organizmalar da indekste ele alınır. Bu da indeks değerinin yüksek çıkmasına neden olur [15].

Tablo 3.4. Trent biyotik indeks [15]

	Anahtar İndikatör Gruplar	Fauna Çeşitliliği	Bulunan Grupların Toplam Sayısı				
			0-1	2-5	6-10	11-15	16 +
			Biyotik İndeks				
Temiz	Plecoptera nimfleri	Bir türden fazla	-	VII	VIII	VIII	IX
		Sadece bir tür	-	VI	VII	VIII	IX
Artan kirlilik derecesine göre ortadan kalkma eğiliminde olan organizmalar	Ephemeroptera Nimfleri (Baetis hariç)	Bir türden fazla	-	VI	VII	VIII	IX
		Sadece bir tür	-	V	VI	VII	VIII
	Trichoptera Larvaları ya da Baetis	Bir türden fazla	-	V	VI	VII	VIII
		Sadece bir tür	IV	IV	V	VI	VII
	Gammarus	Yukarıdaki türlerin tümü yok	III	IV	V	VI	VII
	Asellus	Yukarıdaki türlerin tümü yok	III	IV	V	VI	VII
	Tubificid Solucanlar ve/ve ya kırmızı Chironomid larvaları	Yukarıdaki türlerin tümü yok	I	II	III	IV	-
Kirli	Yukarıdaki türlerin tümü yok	Çözünmüş oksijene gereksinim duymayan Eristalis tenax gibi bazı organizmalar	-	I	II	-	-

3.2.1.3. Ortalama skor yüzdesi (ASPT)

Şu şekilde hesaplanmaktadır (Armitage, 1983) : Örneklemeyle toplanan organizmaların türleri sıralanır; her bir tür kirliliğe toleranslarına göre ağırlıklandırılır; indeks skorlarına ulaşılır; bu ağırlıkların toplamı tür içeriklerinin toplam sayısına bölünür. ASPT' nin hesaplanması Denklem (3.1)' de görülmektedir [19].

$$ASPT = \frac{BMWPSkoru}{FamilyaSoyusu} \quad (3.1)$$

Tablo 3.5. ASPT indeks [19]

Tür	Skor
Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Ephemerellidae, Potamanthidae, Ephemerisad, Taeniopterygidae, Leuctriac, Capniidae, Perlidae, Choloroperlidae, Aphelocheiridae, Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae	10
Astacidae, Lestidae, Agriidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae	8
Caenidae, Nemouridae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephilidae	7
Neritidae, Viviparidae, Ancylidae, Hydroptilidae, Unionidae, Coroppiidae, Gammaridae, Platycnemididae, Coenagriidae	6
Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Corixidae, Haliplidae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Hydrophilidae, Clambidae, Heledidae, Dryopidae, Elminthidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Planariidae, Dendrocoelidae	5
Baetidae, Sialidae, Piscicolidae	4
Valvatidae, hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Sphaeriidae, Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae, Asellidae	3
Chironomidae	2
Oligochaeta	1

3.2.1.4. Belçika biyotik indeksi (BBI)

Belçika Biyotik İndeks yöntemi (BBI); İndis biyotik ile Trent Biyotik indeks yönteminin bileşimidir. Toplama yöntemi TBI' deki gibidir ve organizma listesi Tablo 3.6' de görülmektedir [15].

Tablo 3.6. Belçika biyotik indeksi [15]

I Faunistik gruplar	II	III Bulunan sistematik ünitelerin toplam sayısı				
		0-1	2-5	6-10	11-15	16 ve daha fazla
1. Plecoptera ya da Ecdyonuridae (Heptageniidae)	1 çeşitli S.Ü*	Biyotik İndeks				
		-	7	8	9	10
		2 sadece 1 S.Ü	5	6	7	8
2. evcikli Trichoptera	1 çeşitli S.Ü	-	6	7	8	9
	2 sadece 1 S.Ü	5	5	6	7	8
3. Ancyliidae ya da Ephemeroptera (Ecdyonuridae hariç)	1 2 S.Ü' den fazla	-	5	6	7	8
	2 2 ya da <2 S.Ü	3	4	5	6	7
4. Aphelocheirus ya da Odonata ya da Gamaridae ya da Mollusca (Sphaeridae hariç)	0 yukarıda bahsedilen S.Ü' lerin tümü yok	3	4	5	6	7
5. Asellus ya da Hirudinea ya da Sphaeridae ya da Hemiptera (Aphelocheirus hariç)	0 yukarıda bahsedilen S.Ü' lerin tümü yok	2	3	4	5	-
6. tubificidae ya da thummi- plumosus grubu Chironomidae	0 yukarıda bahsedilen S.Ü' lerin tümü yok	1	2	3	-	-
7. Eristalinae (Syrphidae)	0 yukarıda bahsedilen S.Ü' lerin tümü yok	0	1	1	-	-

*S.Ü. : Bu grupta gözlenen sistematik ünitelerin sayısı

Tablo 3.7. Belçika biyotik indeks skoru ile kalite sınıfları arasındaki ilişki [16]

Kalite sınıfı	İndeks Skoru	Anlamı
1	9,10	Hafif kirli ya da kirli değil
2	7,8	Hafifçe kirli
3	5,6	Orta derecede kirli,kritik durum
4	3,4	Yoğun kirli
5	0,1,2	Çok yoğun kirli

3.2.1.5. Shannon indeksi

Shannon indeksi (H'), biyo çeşitlilik ölçümünde kullanılan çeşitlilik indekslerinden birisidir. Bu indeksin avantajı, türlerin tarafsızlıklarının ve sayılarının hesaplanmasını içermesidir. Shannon-Weaver ismi yanlış bir adlandırmadır. Birkaç biyolog, teorinin kuruluş bilgilerini hazırlayan Claude Shannon'ın kitabına etkili bir önsöz yazan ve bu teorinin ikinci kurucusu olan Warren Weaver' a sahip çıkmıştır. Weaver, bilgi teorisinin farklı bir yönden hızla geliştirilmesinde çok önemli bir rol oynamıştır. Fakat, Rockefeller Kuruluşu' nun yöneticisi cömert bir ücret karşılığında bilgi teorilerinin birincisini almıştır. Norbert Wiener' in indekslerin herhangi birinde emeği olmamasına rağmen sibernetiğin popülaritesinde etkili olmuştur.

İndeks:

$$H' = -\sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N} \quad (3.2)$$

N ; bir popülasyondan alınan örnekteki bireylerin sayısı, n_i ; bir popülasyondan alınan örnekteki bir türe ait bireylerin sayısı, s ; bir örnekteki ya da popülasyondaki türlerin sayısıdır [14].

3.2.1.6. Simpson indeksi

Simpson indeksi, farklılığın bir ölçüsüdür. Ekolojide, bio çeşitliliğin ölçümü için sık sık kullanılmaktadır. Mevcut türlerin izafi bolluklarının hesaplanmasını

kapsamaktadır. Bir habitattan rasgele seçilmiş iki bireyin aynı türe ait olma olasılığını gösterir. Bitki türleri için kapsama yüzdesi kullanılır. Bir göl için ise, bir türün organizmalarının numarası kullanılır. Kapsama yüzdesi kullanılır çünkü çimen bitkilerinin bütün bireylerini saymak genellikle çok zordur.

Simpson indeksi için formül:

$$D = \frac{\sum n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \quad (3.3)$$

N; organizmaların topla sayısı, n; bir türe ait organizmaların sayısıdır, n_i; bir populyasyondan alınan örnekteki bir türe ait bireylerin sayısıdır.

Daha az çeşidin bulunduğu bölgeler daha yüksek indekse sahip olabilir ve düşük sayılar için Simpson indeksi kullanıldığında yanıltıcı sonuçlar elde edilebilir. Daha çok gerçekçi sonuç için tek yol, arazide çalışırken çıplak yeryüzü alanlarındaki türleri de incelemektir [14].

3.2.1.7. Margalef indeksi

Aşağıda görüldüğü şekilde hesaplanmaktadır [16]:

$$D = \frac{S - 1}{\ln N} \quad (3.4)$$

3.2.1.8. Hilsenhoff's familya seviye biyotik indeksi (FBI)

İlk olarak Wisconsin-Madison Üniversitesi'nden Dr. William Hilsenhoff tarafından geliştirilmiş ve akıntıdaki organik yüklerin düşük oksijen seviyesine neden olduğu belirlenmiştir. Ancak biyotik indeks kullanım fikri çok yeni değildir. İlk biyolojik izleme araştırması, Amerika'daki Forbes (1887) biyolojik topluluk kavramından kaynaklanmıştır. Aslında bu kavram altında, bir göl koridorundaki bitki ve hayvan toplulukları organik kirlilik derecesinin değerlendirilmesinde kullanılabilir. Bu

kavram, Forbes ve Richardson (1913, 1928)' ın kirlilik sınıflandırma kuşağını daha ileriye taşımaktadır. Biyotik indekslerin ilk kullanımı 1900' lerden önce Almanya' da; Kolkwitz ve Marson (1908, 1909) tarafından, bir gölde lağımla kirlenme sonucunda meydana gelen kirlilik derecesinin belirlenmesinin geliştirilmesiyle ortaya çıkmıştır. Oksijen azalması ve bu azalmanın göl yaşamını nasıl etkilediği araştırılmıştır (Cairns ve Pratt 1993).

Doğal Kaynaklar Wisconsin Departmanı (WIDNR); acenta içinde, çeşitli noktasal olmayan kaynak kirliliği görüntüleme programlarının bir parçası olarak akıntı veya göl suyu kalite değerlendirmesi için 1979' da HBI' nın kullanımını başlatmıştır. Görüntüleme çabaları yıllar boyunca devam etmiş ve eyalet çapındaki çeşitli bürolar yılda 450 biyotik indeks örneği toplamışlardır. Örnekleme ve laboratuvar işlemleri için gerekli prosedürler 1983 yılında WIDNR tarafından standart hale getirilmiş ve biyotik indeks uyumu için Narf tarafından istatistiksel analiz prosedürleri geliştirilmiştir. Hilsenhoff (1977, 1982, 1987), WIDNR tarafından su kalite değerlendirme ve görüntüleme programlarında kullanılan, su kalite sınıflandırması ve organik kirlilik derecesi için biyotik indeks değer aralığı (0-10) geliştirmiştir (Tablo 3.8).

Sucul arthropodlar ve diğer seçilen makroinvertebratların bir kısmı, su kalitesinin ölçülmesine ve değerlendirilmesine imkan veren sayısal indekslerle birlikte su kalite değerlendirmesinde kullanılırlar. Organizmalar bu amaç için uygun görünürler çünkü onlar bütün akıntılar için ortaktır, kolaylıkla toplanabilirler, fazla hareketli değildirler, tanımlanmaları kolaydır ve bir yıl ve ya daha fazla yaşam süresine sahiptirler (Hilsenhoff, 1977). Çünkü, hayatları boyunca sürekli çevredeki sıra dışı durumlara maruz kalırlar, çevresel değişikliklerin göstergesi olarak etkinlik gösterirler. Başlangıçta, düşük çözünmüş oksijen değerinin organik yüke bağlı olduğu değerlendirilmesine rağmen; biyotik indeks, kimyasal kirliliğin bazı tipleri ve termal kirliliğin etkilerine karşı hassas olabilmektedir (Hilsenhoff 1998, Hooper 1993). Sadece solunum için çözünmüş oksijen gereği duyan arthropodlar, biyotik indeks hesaplamasında kullanılmıştır. Düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonuna karşı çok hassas olan organizmalar düşük tolerans değerine ve geniş toleransa sahip organizmalar yüksek tolerans değerine sahiptirler. Wisconsin sucul makroinvertebrat

türleri, organizma tolerans değerleri ve 0-10 aralığındaki biyotik indeks değerleri gibi tolerans değerlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır [20].

Tablo 3.8. Hilsenhoff's biyotik indeksi için su kalite sınıflandırması (Hilsenhoff 1987) [20]

Değer	Su Kalitesi	Organik Kirlilik Derecesi
0.00-3.50	Mükemmel	Görünür organik kirlenme yok
3.51-4.50	Çok iyi	Az organik kirlilik
4.51-5.50	İyi	Biraz organik kirlilik
5.51-6.50	Orta	Orta önemli organik kirlilik
6.51-7.50	Orta kirli	Önemli organik kirlilik
7.51-8.50	Kirli	Çok önemli organik
8.51-10.00	Çok kirli	Ağır organik kirlilik

3.2.1.9. Danimarka fauna indeksi

“Farklılık grupları”nın değerleri aşağıdaki tablodan yararlanılarak hesaplanır (Tablo 3.9). Fauna indeksi bölümlere ayrılmış Tablo 3.10' a göre belirlenmektedir. Tablo yukarıdan aşağı doğru incelenir ve indeks değeri, örnek içindeki familya ya da cinsi temsil eden ilk gruba göre belirlenir [19].

Tablo 3.9. Farklılık grupları, pozitif ve negatif [19]

Pozitif	Negatif
Tricladida	Oligochaeta
Gammarus	Helobdella
Plecoptera' nın her türü	Erpobdella
Epheneroptera' nın her türü	Asellus
Elmis	Sialis
Limnius	Psychodidae
Elodes	Chironomus
Rhyacophilidae	Eristalinae
Bütün familyalar	Sphaerium
Trichoptera	Lymnaea
Ancylus	

Tablo 3.10. Danimarka fauna indeksi için indikatör dağılımı [19]

Grup 1	Farklılık Grupları	İndeks	
		1 Taxon	1 + Taxa
Brachyptera Capnia Leuctra Isogenus	-1 - 3	4	5
Isoperla Isoptena Perlodes Protonemura Siphonoperla	4 - 9	5	6
Ephemeridae Limnius Glossomatidae Sericomatidae	> 9	6	7

Tablo 3.10. (Devam)

	Farklılık Grupları	İndeks	
Grup 2			
Amphinemura	< -1		4
Taeniopteryx			
Ametropodidae			
Ephemerellidae	-1 - 3		4
Heptageniidae			
Leptophlebiidae			
Siphonuridae			
Elmis	4 - 9		5
Elodes			
Rhyacophilidae			
Goeridae	>9		5
Ancylus			
Eğer Asellus bireylerinden 5 ve ya daha fazla varsa, grup 3' e geçilir. Eğer Chironomus bireylerinden 5 ve ya daha fazla varsa, grup 4'e geçilir.			
Grup 3	Farklılık Grupları	İndeks	
	< -1		3
	-1 - 3		4
Gammarus	4 - 9		4
(10 ve ya daha fazla)	> 9		4
Caenidae	Grup 2' deki Trichoptera bireylerinden ve ya Chironomus bireylerinden 5 ve ya daha fazla varsa, grup 4' e geçilir.		
Grup 4	Farklılık Grupları	İndeks	
		1 Taxon	1 + Taxa
Gammarus	< -1	2	3
(10 ve ya daha fazla)			
Asellus			
Caenidae	-1 - 3	3	3
Sialis			
1 ve 3 Gruplarındaki Trichoptera' dan farklı	4 - 9	-	4
Grup 5	Farklılık Grupları	İndeks	
Gammarus	< -1	2	2
(< 10)	-1 - 3	2	3
Bactidae	4 - 9	3	3
Simuliidae	Eğer Oligochaeta bireylerinden 100 ve ya daha fazla varsa, grup 5/1 taxon' a geçilir. Eğer Eristalinae bireylerinden 12 ve ya daha fazla varsa, grup 6' ya geçilir.		
(< 24)			
Grup 6	Farklılık Grupları	İndeks	
Tubificidae			
Psychodidae	< -1		1
Chironomidae			
Eristalinae	-1 - 3		1

3.2.1.10. O/C indeks

Sediment ve Oligochaetes birey yoğunluğu ve Oligochaetes birey yoğunluğunun birbirine bölünmesiyle hesaplanır; yüzdeyle ifade edilir (Wiederholm, 1980). Bu sonuç; su derinliği için, elde edilmiş olan yüzde örnek alınan derinliğe bölünerek düzeltilmiştir [19].

3.2.1.11. Bentik kalite indeksi (BQI)

Aşağıda görüldüğü şekilde hesaplanır (Wiederholm, 1980):

$$BQI = \sum_{i=0}^5 \frac{k_i n_i}{N} \quad (3.5)$$

n_i ; ilgili indikatör gruplarından bireylerin sayısı, N = bütün indikatör gruplarından bireylerin toplam sayısıdır.

k_i için değerler;

Heterotrissocladius subpilosus için 5

Paracladopelma sp., Micropsectra sp., Heterotanytarsus apicalis, Heterotrissocladius grimshawi, Heterotrissocladius marcidus ve Heterotrissocladius maeaeeri için 4

Sergentia corocina, Tanytarsus sp. ve Stictochironomus sp. İçin 3

Chironomus anthracinus için 2

Chironomus plumosus için 1

Burada adı sayılmayan diğer indikatör türleri için 0 [19].

3.2.1.12. Biyolojik indis (IB)

IB, Tuffery ve Verneaux (1986) tarafından Fransa faunası için geliştirilmiş bir indekstir. TBI' den köken almakla beraber şu yönlerden farklılık gösterir.

1. IB' de TBI' den daha fazla sayıda özel indikatör taksa bulunur.
2. Her indekste ağırlıklı olarak ele alınan indikatör gruplar farklıdır.

Örneğin, TBI' de Nais cinsi Naididae familyasından, Baetis cinsi ise Ephemeroptera takımından ayrı olarak ele alınmıştır. IB' de ise Ecdyonuridae diğer Ephemerlerden ayrı tutulmuş Trichoptera ise evcikli ve evciksiz olmak üzere ayrılmıştır. Çünkü, evcikli olanlar su kalitesine karşı daha hassastır.

3. Tek birey ile temsil edilen sistematik üniteler rastlantısal olarak ortamda buldukları düşünülerek değerlendirmeye alınmaz.

4. TBI' de bütün habitatlarda dip kepçesinin kullanılması ile toplanan örnekler her birlikte değerlendirilir. IB ise akıntılı habitatlarda Surber kepçesi ile durgun habitatlarda ise grab toplama kepçesi ile toplanan organizmaların iki ayrı indisle değerlendirilmesini öngörür [15].

3.2.1.13. Chandler skor sistemi

Bu sistem İskoçya' da uygulanarak geliştirilmiş bir sistemdir. Bu sistem TBI' nın gelişmiş halidir. Makroinvertebratların daha detaylı bir listesi ile bolluk faktörü indekse ilave edilmiştir (Tablo 3.11). İndekste kirliliğe hassas grupların bollukları arttıkça skorun da arttığı görülmektedir. Ayrıca indeks, kirliliği belirlemek için kullanılan BOI ölçümleri ve koliform bakteri sayımları ile de uyumlu sonuçlar vermektedir. Lokal şartlara uyumu yapılabilecek bir indekstir [21].

Tablo 3.11. Chandler biyotik indeks (Chandler, 1970), Metcalfe, 1989 [15]

Örnekte bulunan gruplar	Artan Bolluk				
	Var	Birkaç	Yaygın	Bol	Çok bol
Planaria, Taeniopterygidae, Perlidae, Isoperlidae, Chloroperlidae' nin her türü	90	94	98	99	100
Leuctridae, Capniidae ve Nemouridae' nin her türü (Amphinemura hariç)	84	89	94	97	98
Ephemeroptera' nın her türü (Baetis hariç)	79	84	90	94	97
Evcikli Trchotera, Megaloptera' nın her türü	75	80	86	91	94
Ancylus' un her türü	70	75	82	87	91
Rhyacophila' nın her türü (Trichoptera)	65	70	77	83	88
Dicranota, Limnophora cinsleri	60	65	72	78	84
Simulium	56	61	67	73	75
Coleoptera, Nematoda cinsleri	51	55	61	66	72
Amphinemura (Plecoptera)	47	50	54	58	63
Baetis (Ephemeroptera)	44	46	48	50	52
Gammarus	40	40	40	40	40
Evciksiz Trichoptera' nın her türü (Rhyacophila hariç)	38	36	35	33	31
Tricladida' nın her türü (P.alpina hariç)	35	33	31	29	25
Hydracarina cinsleri	32	30	28	25	21
Mollusca' nın her türü (Ancylus hariç)	30	28	25	22	18
Chironomidae' nin her türü (Ch. Riparius hariç)	28	25	21	18	15
Glossiphonia' nın her türü	26	23	20	16	13
Asellus' un her türü	25	22	18	14	10
Sülüklerin her türü (Glossiphonia, Haemopsis hariç)	24	20	16	12	8
Haemopsis' in her türü	23	19	15	10	7
Tubifex sp' nin her türü	22	18	13	12	9
Chironomus riparius	21	17	12	7	4
Nais' in her türü	20	16	10	6	2
Hava solunumu yapan türlerin her türü	19	15	9	5	1
Canlı hayvan yok	0	0	0	0	0

3.2.1.14. Genel kalite için biyolojik indis ve global biyolojik indis (IBG)

Genel kalite için biyolojik indis (IBG) Verneaux et al. (1982) tarafından Fransa' daki akarsuların kalitesini belirleme çalışmaları için oluşturulmuştur. Daha çok sayıda indikatör taksa içermesi ve toplama yöntemi nedeniyle indis biyotikten daha hassas olduğu kabul edilmiştir.

IBG yönteminde substrat ve akıntı hızı farklı yedi ayrı habitattan toplama yapılmaktadır. Eğer substrat yapısı farklı yedi istasyon bulunmazsa akıntı hızına göre yedi farklı istasyon seçilmektedir. Toplanan organizmalar genellikle familya düzeyine kadar saptanmaktadır. Fakat Oligochaeta gibi organizmalar sınıf düzeyinde bırakılmaktadır. Bunlardan 38 tanesinin özel indikatör değerine sahip olduğu ve 10 tanesinin kirlilik sınırlarını belirlemede kullanıldığı kabul edilmektedir. IBG, 1985 yılında Fransa için standart yöntem olarak kabul edilmiştir (Tablo 3.12) [15].

3.2.1.15. Göl invertebrat tayini ve sınıflaması (RIVPACS)

RIVPACS ve türevleri ile AusRivAS (Avustralya Nehir Değerlendirme Sistemi), çevresel sıkıntının olmadığı bir yerde bulunması gereken sucül makroinvertebrat faunasının, deneysel (istatistiksel) modellerle tahmin edilmesini sağlar (Simpson, 1996). AusRivAS modeli, etkinin olmadığı test bölgelerinde gerçekleşmesi beklenen invertebrat topluluklarının tahmin edilmesini sağlar. Test edilen bölgelerdeki ölçülen bozulmalar ile yine test bölgesinde bulunması öngörülen invertebratların karşılaştırılmasını mümkün kılar. AusRivAS tarafından tahmin edilen tip, test bölgesindeki etkinin tipini sağlamalıdır. Bu bilgi incelemelerin kolaylaştırılmasında kullanılabilir, Leptophlebiidae' nin tahmin edilme zorluğu bir akıntıdaki metal girişinin etkisini gösterebilir. Bu modeller, Avustralya (Noriis, 1995) ve Büyük Britanya (Wright, 1993) için birincil ekolojik değerlendirme analiz teknikleridir. Modeller, çok değişkenli ve tek değişkenli analizlerin ilerleyişinin temelidir ve çeşitli bölgeler ve sistemlerde bulunan çeşitli habitat tipleri için geliştirilmiştir. AusRivAS modellerinin bölgesel uygulamaları, Avustralya devleti ve arazileri (Simpson, 1996) için ve Californiya' daki Sierra ve Cascade dağ dizilerinde (Hawkins ve Norris, 1997) bulunan akıntılar için geliştirilmiştir. Bu modelin kullanıcıları, sonuçların hızlı bir şekilde değişmesinin mümkün olduğunu ve kullanıcıları kapsayan topluluklar, müdürlükler ve çevre bilimcilerin kullanabilmesi için uygun hale getirilebileceğini iddia ederler. Bu atıf, RIVPACS ve AusRivAS' i hızlı biodeğerlendirme programları için uygun analiz teknikleri adayı yapmaktadır.

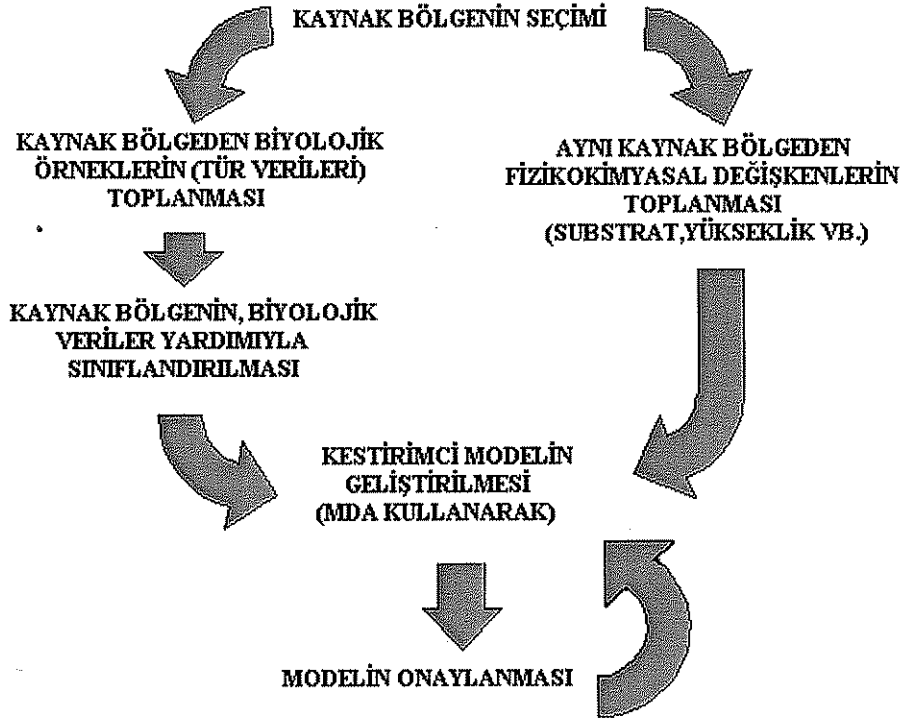
Aynı işlemlere rağmen, bütün AusRivAS modellerinin oluşturulmasında, her bir model, mevsimler ve habitat için hatasız bir hale getirilerek özel bölgeler (ve ya devletler) için uygun bir hal alması sağlanmıştır. Bu modeller için akıntı habitatları, kenar/birikinti su, ana kanal, ızgara, havuz ve makrofit ihtimali uygulamalarını içermektedir. Çoklu doğal ortam örnekleme teknikleri, henüz RIVPACS modelleri ile test edilmemiş birkaç RBP programında kullanılmaktadır. Modeller, sağlam tahminler kullanılarak tek mevsim veya aynı mevsimin verileri için inşa edilebilir. RIVPACS/AusRivAs modelleri, sadece bentik düzenleme için geliştirilmiştir [21].

Bir RIVPACS tipi modelin geliştirilmesi için, bir dizi yüksek kaliteli bölgeye (kaynak bölge) ihtiyaç duyulmaktadır. İlgili bölgenin içindeki su bölgelerini içeren kısa nehir uzantısı dikkatlice seçilmiştir. Pratik olarak insan aktiviteleri ile etkisiz hale getirilmiş nehir olmamasına rağmen; kaynak bölge olarak, onların türünün en iyi örneklerini minimal etki ile temsil edecek bölge büyük bir dikkatle seçilmiştir. Bölge seçimi kritik bir aşamadır ve kullanıcılar bölgedeki jeolojik formasyonların tamamını içeren bir göl temin etmelidir. İrmaktan, akıntı yönündeki örnekleme bölgesine uzanan kaynak bölge örtüsü de dahil olmalıdır. Her bir kaynak bölgesinde, makroinvertebratlar ve çevresel veriler, onaylanmış standart protokoller kullanılarak toplanır. Her bir bölge için, yılın değişik zamanlarında yapılan örneklemeyle makroinvertebrat faunasının görüntüsü temin edilir. Örneğin, İngiltere kaynak bölgelerinde bahar, yaz ve sonbaharda örnekleme yapılmıştır. Makroinvertebrat faunası en düşük pratik sınıflandırma düzeyine (türler ve cinsler) göre tanımlanmıştır. Her bir bölge için karşılaştırılan çevresel veriler, çevresel baskılarla etkisiz hale gelen özelliklerde odak nokta olabilir.

Kaynak bölge ve onların çevresel karakteristikleri ile gözlenen makroinvertebrat faunası arasındaki ilişki, sayısal modellerle geliştirilmiştir. İlk olarak; kaynak bölge, sadece makroinvertebrat faunası temel alınarak bölge gruplarının serilerine göre sınıflandırılmıştır. Sonra; çevresel özellikler ve kaynak bölge gruplarının faunal karakteristikleri arasındaki ilişki tanımlanmıştır ve kestirimci modelin tanımlanması için yol gösterici olmuştur. Model, kaynak bölgenin kalitesini değerlendirmiş ve kesinlikle onaylamıştır.

Sonuçta; onaylanmış kestirimci model, yüksek kalite bölgelerindeki bilgilerden onların çevresel ve fiziksel özelliklerine kadar makroinvertebrat topluluğunun hesaplanmasında kullanılabilir. Yeni bir bölge için çevresel özellikler ölçülerek, bölgede bulunması beklenen makroinvertebrat faunası tahmin edilebilir. Bir bölge için beklenen fauna için, WFD (Water Framework Directive)' nin içinde bulunan "biyolojik kaynak şartı" na başvurulur. Eğer bir makroinvertebrat numunesi yeni bir bölgeden alınmışsa, kaynak bölge için aynı standartlaştırılmış protokol kullanılabilir. Gözlenen fauna - beklenen fauna ve ikisinin arasındaki çelişki

kıyaslanır, göl uzantısının ekolojik durumunun veya biyolojik şartlarının değerlendirilmesinde kullanılır [22].



Şekil 3.8. RIVPACS modeli [22]

3.2.1.16. Lincoln kalite indeksi (LQI)

İngiltere' nin doğusunda bulunan gölün ötrofik tabakasındaki su kalitesinin uzun süreli yönelmeleri ve makroinvertebrat toplama çalışmalarına etkileri incelenmiştir. 1998 yılına kadar ki 40 yıl içinde, Essex ve Suffolk' da bulunan 8 gölde önemli ölçüde çözünmüş oksijen azalması saptanmıştır. Aynı zamanda, birçok göldeki klorür konsantrasyonunda artma olduğu görülmüştür. Toplam oksitlenmiş nitrojen ve eriyebilir reaktif fosfor 1980'e kadar artmış, sonra ise gerilemeye başlamıştır. Biyotik skorlar (Lincoln kalite indeksi) genellikle 1998' e kadar ki 14 yılda artmış ve biyotik skorlar ile çeşitli nutrientler arasında önemli pozitif ilişkiler belirlenmiştir. İnvertebrat aileleri ve çevresel değişkenler, gölün kurduğu yılda (1997) ve suyun

bol olduğu yılda (1998) çok değişkenli çözümlerle sekiz gölden örneklenmiştir. Göl uzantısı, indikatör invertebratların gereksinim duyduğu substrata uygun olarak gruplanmıştır. Gölün kurduğu yılda, göl uzantılarının millerce gerisinde ve lağım ıslah çalışmalarında (STW) mansabın hemen sonrasında gruplama yapılmıştır. Suyun bol olduğu yılda ise, STW' lerin mansap bölgesinin içinde sadece bir grup bulunmuştur. Nutrientler, çözünmüş oksijen ve düşük akış su kalitesini oldukça fazla etkilemiştir ve bu yüzden invertebrat topla işlemi suyun bol olduğu zamandan sonraki kuraklık döneminde yapılmıştır [23].

3.2.1.17. Makroinvertebrat topluluk indeksi (MCI)

Makroinvertebrat topluluk indeksi (MCI) ve onun kantitatif versiyonu (QMCI) Yeni Zelanda bulunan Taranaki Ring Plain'de ki akıntıdaki organik kirliliğin ölçülmesi sırasında geliştirilmiştir. Daha sonra, Yeni Zelanda' nın başından sonuna kadarki birçok çevresel sudaki "göl sağlığı" nın değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmıştır. MCI ve QMCI; Yeni Zelanda' daki Canterbury'deki 230 akıntı ve göl alanları için, sabit hesap makroinvertebrat verileriyle hesaplanmıştır. Değerler 60' dan 135' e (MCI) ve 2.0' dan 8.8' e (QMCI) kadar değişmektedir. Bu iki indeks benzer alanları sıraya koyar ($r[s] = 0.86$), fakat yayınlanmış azalma bantları (Stark 1998) ve alanların dağılımı arasında farklılık görülür. MCI; "şüpheli kalite ve ya olanaklı hafif kirlilik" ve "olası orta dereceli kirlilik" kategorilerindeki birçok alana yerleştirilmiş, oysa QMCI "temiz su" ve "olası ağır kirlilik" gruplarındaki birçok alana uyarlanmıştır. Bu iki indeksten beri, benzer amaçlı alternatif işlemler ve sonuçlarının müdürler ve diğerlerine iletilmesine gerek duyulmuş, bu gereksinim de dikkate alınmıştır. Kategori sınırlarının değişikliği için öneriler sunulmuştur. Çünkü, su ve habitat kalitesi diğer faktörlerce etkilenmiştir ve iyi anlaşılabilir değildir. İndeks skorları bazı durumlarda akıntı sağlığının doğru ölçümünü sağlayabilmektedir [23].

3.3. Su Numunesi Alımı ve Saklanması

Seçilen numune alma metodu, laboratuara kolayca taşınabilecek kadar ve analiz için yeterli hacimde ve laboratuarda istenen amaç için kullanılabilir temsil yeteneğine

sahip numune elde etmeyi sağlamalıdır. Numunenin testten önceki bileşimi bozulmayacak şekilde laboratuara getirilmesi en önemli husustur.

Mevcut koşullarda alınan numuneyi gerçekçi bir şekilde temsil eden numunelerin, laboratuara ulaşmadan önce taşıdığı özellikleri kaybetmemesine ve alınıp taşınması esnasında kirlenmemesine özen gösterilmelidir. Numunelerin alındığı ve saklandığı kapların seçimi önemli bir husustur. Ölçümü yapılacak numune bileşeninin, numune kabı ile reaksiyon vermesi istenmediğinden, numuneyi cam veya plastik kaplarda taşıyıp saklamak gereklidir. Mikrobiyolojik analizlerde numune alma kapları, ısı ile steril hale getirilmeli ve koyu renkli cam şişe kullanılmalıdır. Toplanan her bir numune için, numune şişesi veya kabı üzerinde gerekli açıklamaların yazılacağı bir etiket olmalıdır. Numunenin daha sonra laboratuara getirildiğinde kolayca tanınabilmesi için numuneyi alanın adı, alındığı tarih ve saat, numunenin alındığı yer, suyun sıcaklığı ve hacmi, su seviyesi, debi, hava koşulları ve bunlar gibi gerekli hususlar kaydedilmelidir. Dağıtım sistemlerinden numune almadan önce, temin edilecek suyun kalitesini iyi temsil eden bir numune olması için, su hattı bir süre akıtılmalı, ve suyun aktığı borunun çapı, uzunluğu, ve akış hızı kaydedilmelidir.

Klorlanmış sulardan numune alırken serbest kloru nötralize etmek için tiyosülfatlı şişeler kullanılmalıdır. Alınacak numune ile numune kabının 2-3 defa çalkalanıp dökülmesi gereklidir. İçlerinde birikimlerin ve biyolojik büyümenin oluşmasını önlemek için numune alma araç-gereçleri ve şişeleri her gün temizlenmelidir.

İstenen analiz türüne göre her bir numune ayrı saklama ve koruma işlemine tabi tutulmalıdır.

Çoğunlukla, volumetrik veya gravimetrik testlerde girişim yapmayan, az miktardaki bulanıklığın suda bulunması müsaade edilir. Suda az miktarda bulanıklık ve askıda katı madde mevcut olduğunda, numune filtre edilmemelidir [24].

Yüzeysel sulardan (göl, nehir, su hazneleri v.b.) numune alma yerleri, temsil edici yerler olmalı ve numune alırken su üzerindeki yüzey kirliliklerinin numune ile birlikte alınmamasına dikkate edilmelidir. Yüzeysel suların uygun karışım

yerlerinden, dikey kesit üzerinde herhangi bir yerden alınması yeterlidir. İyi karışmamış (homojenlik sağlanmayan) akarsulardan daha çok sayıda numune alınmalıdır. Bu numuneler tüm genişlik boyunca çeşitli noktalardan ve her bir noktadan çeşitli derinliklerden alınmalıdır. Numune almak için kayık ve ya motor kullanılıyorsa, numunelerin, pervanelerin veya küreklerin türbülans oluşturmadığı noktalardan alınmasına özen gösterilmelidir. Kıyıdan örnek alırken suyun hızla aktığı, derin olduğu ne en iyi karışımın var olduğu bölgeden alınmalıdır.

Örnekleme noktaları seçilirken akarsuyun uzun bir bölümünü temsil edecek şekilde seçilmelidir. Akarsularda örnek noktalarının akım ölçmeye uygun yerlerde, kirletici kaynaklarının atık boşaltım kanalları ile bu kanalların akarsuya karışım noktalarından hemen sonra, karışımın tam gerçekleştiği yerde, yan kolların ana akarsuya birleşim öncesi ve sonrasında (yaklaşık 250 m ötesinde) baraj giriş ve çıkışlarını karakterize edebileceği düşünülen yerler ile sulama suyu çıkışlarına ve dönüşlerine yakın olan yerlerden seçilmelidir [13]. Akarsularda yan kol veya atıksu deşarjından sonra tam karışımın sağlandığı belirlenen kesit üzerinde, yüzeyden 30-40 cm aşağıdan numune alınır. Numune alma noktası, atıksu veya yan kolların tam olarak karıştığı yerde detaylı bir en kesit araştırması ile önceden belirlenmelidir.

Doğal veya insan faaliyetleri nedeniyle oluşacak durumlarda kalite değişiminin yakından izlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması için numuneler duruma göre mevsimlik, aylık, haftalık ya da günlük alınabilir. Nehir boyunca su kalitesinin belirlenmesi, kontrol en kesitlerindeki kalite sınıflandırılmasına dayandırılmaktadır. Buradan "Su Kalite Profili" elde edilir. Kalite sınıflaması sonuçları, tablolar, su kalite profili veya su kalite haritaları şeklinde sunulabilir. Parametre gruplarına dayanan sınıflama sonuçları harita üzerinde gösterilmelidir.

Numune toplandıktan sonra en kısa süre içinde analizi yapılmalıdır. Bazı parametreler için arazide ve yerinde hemen analiz yapmak gerekir. Numunenin toplanması ve analiz edilmesi arasında ne kadar süre geçmesine müsaade edilebileceği, numunenin karakterine, yapılacak analizlere ve saklama koşullarına bağlıdır. Mikroorganizma büyümesi nedeni ile olan değişimler numunelerin karanlıkta ve soğukta saklanması ile büyük ölçüde geciktirilir. Numune toplama ve

laboratuarda analiz etme arasındaki zaman süresi, numunenin fiziksel ve kimyasal olarak değişimine neden olacak kadar fazla ise “numune koruma teknikleri” ni uygulamak gerekir [24].

Şişeler doldurulmadan önce içinden örnek alınarak su ile iki üç kez çalkalanmalıdır. Cam şişelerde artan sıcaklıkla suyun genleşmesi göz önüne alınarak bir miktar boşluk bırakılmalıdır. Polietilen şişeler tamamen doldurulabilir.

Toplanan numune şişeleri kutulara yerleştirilerek laboratuara taşınmalıdır. Kutular bölmeli hale getirilmeli ve şişeleri etrafına köpük, hızar tozu gibi maddeler yerleştirilerek taşıma sırasında kırılmaması ve zarar görmemesi sağlanmalıdır. Plastik şişeler ışıktan korunmalıdır. Taşıma sırasında sıcaklık 4 °C olmalıdır. BOI ve mikrobiyolojik analizler için şişeler hızla soğutulmalıdır. Bunun için taşıma kutularında şişe etrafına buz ilavesi yapılmalıdır.

En çok kullanılan koruma yöntemi asitlemedir. Bu iş için genellikle nitrik asit kullanılır. pH 2 civarına ayarlanır. Böylece toplam ve çözülmüş maddelerin haftalarca saklanması mümkün olabilmektedir. Ölçümü yapılacak parametreler biyolojik faaliyetlerden etkileniyorsa bazı kimyasal maddelerin ilavesiyle bu faaliyetler durdurulabilir [13].

Numunelerin bekletilmesi sırasında numuneden fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişiklikler meydana gelir. Koruma teknikleri numune kaynaktan uzaklaştırıldıktan sonra doğal olarak devam eden kimyasal ve biyolojik değişimleri sadece geciktirir. Numunelerin tam olarak korunması güçtür. Kullanılan koruma maddeleri çoğunlukla numune ile reaksiyona gireceğinden analizlerin derhal yapılması gerekmektedir. Numuneler eğer bir gün içerisinde analiz edilecekse, düşük sıcaklıklarda (+ 4 °C) saklama en iyi yöntemdir. Yapılacak tayin ile girişim yapmıyorsa kimyasal koruma maddeleri kullanılabilir. Koruma maddeleri kullanıldıklarında önceden numune kabına konulmalı ve toplanan bütün numuneler iyice karıştırılmalıdır. Yapılacak tayine göre numune koruma ve saklama metotlarının seçilmesi gerekir.

Numune saklama metotları oldukça kısıtlı olup, biyolojik faaliyeti geciktirmeye, kimyasal bileşiklerin ve komplekslerin hidrolizini geciktirmeye ve bileşenlerin uçuculuğunu azaltmaya yöneliktir. Koruma ve saklama metotları genellikle pH kontrolü, kimyasal madde ilavesi, soğutma ve dondurma işlemlerinden ibarettir [24].

3.3.1. Numune alma sıklığı

Su kalitesinde değişimler ani ve düzenli aralıklarla ortaya çıkabilir. Bunlar da doğal veya doğal olmayıp sonradan ortaya çıkan etkenler sebebiyle olmaktadır. Akarsular ve diğer su kaynakları bu tür değişikliklere sık sık maruz kalırlar.

Ani fırtınalar debinin hızla artmasına yol açar, özellikle yağışlardan sonra araziden gelen sular önemli ölçüde kirliliği beraberinde getirirler. Ayrıca endüstriyel ve tarımsal deşarjlar, ani sızıntı ve karışımlar da ortaya çıkabilir.

Yılın belirli zamanlarında bölgenin düzenli yağmur rejiminin, kar erimesi ve mevsimsel sıcaklık değişimlerinin sonucunda kalite değişimleri gözlenebilir. Yine, bitki örtüsünde mevsime bağlı olarak görülen büyüme ve bozulmalar sonucu da suyun bileşiminde, düzenli değişimler olmaktadır. Ayrıca sıcaklığa bağlı olan kendi kendine tasfiye ve nitrifikasyon hızlarında da değişimler gözlenebilir. Belirli aralıklarla değişiklikler ortaya çıkıyorsa, örnekler bu zamanlarla çakışan aralıklarla alınmalıdır.

Kalite değişimi en fazla akarsularda ortaya çıkmakta olup, değişimin önemli kısmı, değişim kaynağına yakın istasyonlarda görülmektedir. Kaynaktan uzaklaştıkça, uzunlamasına karışım düzenli bir hal alır. Değişime neden olan kaynaktan ne kadar uzakta numune alınırsa hem seyrelme olur hem de bazı parametrelerin konsantrasyonları özümleme kapasitesine bağlı olarak azalabilir. Ayrıca çökeltme, yüzeyde soğurulma gibi nedenlerle de bazı parametrelerin miktarında azalma görülmektedir. Bazı parametrelerde ise yataktan suya geçiş ile birlikte konsantrasyon artışı görülebilmektedir.

Akarsularda, düşük akım zamanlarında, sıcak ve kurak zamanlarda ve ya endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerin arttığı zamanlarda örnek alma işlemini hızlandırmak doğru olmaktadır.

Ön çalışmalardan elde edilen bilgiler ışığında çeşitli parametrelerin önemini kavrayıp, bilinen değerleriyle, kritik zararlı konsantrasyonları arasındaki farkı tahmin etmek ve örnek alma sıklığına karar vermek mümkündür. Bu bilgiler önemli ve kritik parametreler için limit sınırları, emniyet sınırları konulmasına yardımcı olmaktadır.

Numune alma sıklığı belirleninceye kadar ön çalışmalar yapılmamışsa, kirlilik araştırmalarında aşağıdaki örnek alma sıklığı genel olarak uygulanabilir sıklık olabilir. Bu sıklık, çalışmanın niteliğine ve hava şartlarına göre değişebilmektedir.

Akarsular : iki haftada bir (aylık ve ya iki ayda bir)

Göller : iki ayda bir (üç ve ya dört ayda bir ve ya çevrimlerle tek ölçüm)

Yer altı suları : üç ayda bir (alüvyal akiferlerde ve ya yılda iki kez) [13].

3.3.2. Su kalite standartları

Yüzeysel sularla ilgili kalite standartları; Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği' nin 7. maddesinde yer almaktadır. Akarsu, göl ve baraj rezervuarlarında biriktirilen kıta içi yüzeysel suların kalitelerine göre yapılan sınıflandırma aşağıda verilmiştir.

Sınıf I : Yüksek kaliteli su

Sınıf II : Az kirlenmiş su

Sınıf III : Kirli su

Sınıf IV : Çok kirlenmiş su

Tablo 3.13' de sınıflandırma için geçerli su kalite parametreleri ve bunlara ait sınır değerleri sınıf I, II, III, ve IV için ayrı ayrı verilmiştir. Bir su kaynağının bu sınıflardan herhangi birine dahil edilebilmesi için bütün parametre değerleri, o sınıf için verilen parametre değerleriyle uyum halinde bulunmalıdır.

Yukarıda verilen kalite sınıflarına karşılık gelen suların, aşağıdaki su ihtiyaçları için uygun olduğu kabul edilir:

Sınıf I – Yüksek kaliteli su

- a) Yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu temini
- b) Rekreatif amaçlar (yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil)
- c) Alabalık üretimi
- d) Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı
- e) Diğer amaçlar

Sınıf II – Az kirlenmiş su

- a) İleri ve ya uygun bir arıtma ile içme suyu temini
- b) Rekreatif amaçlar
- c) Alabalık dışında balık üretimi
- d) Teknik Usuller Tebliği' nde verilecek olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu olarak Sınıf I dışındaki bütün kullanımlar

Sınıf III – Kirlenmiş su

Gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren endüstriler hariç olmak üzere uygun bir arıtmadan sonra endüstriyel su temininde kullanılabilir.

Sınıf IV – Çok kirlenmiş su

I, II ve III sınıfları için verilen kalite parametreleri bakımından daha düşük kalitedeki yüzeysel suları ifade eder. Bir gruba ait en düşük kalite sınıfı o grubun sınıfını belirler. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri Tablo 3.13' de verilmiştir [4].

Tablo 3.13. Kıtaçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri [4]

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik – kimyasal parametreler				
1. Sıcaklık (°C)	25	25	30	>30
2. pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3. Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /l) ^a	8	6	3	<3
4. Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70	40	<40
5. Klorür iyonu (mg Cl/l)	25	200	400	>400
6. Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁼ /l)	200	200	400	>400
7. Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/l)	0.2 ^c	1 ^c	2 ^c	>2
8. Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/l)	0.002	0.01	0.05	>0.05
9. Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/l)	5	10	20	>20
10. Toplam fosfor (mg PO ₄ ⁻³ -P/l)	0.02	0.16	0.65	>0.65
11. Toplam çözünmüş madde (mg/l)	500	1500	5000	>5000
12. Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	>300
13. Sodyum (mg Na ⁺ /l)	125	125	250	>250
B) Organik parametreler				
1. KOİ (mg/l)	25	50	70	>70
2. BOİ (mg/l)	4	8	20	>20
3. Organik karbon (mg/l)	5	8	12	>12
4. Toplam Kjeldahl azotu (mg/l)	0.5	1.5	5	>5
5. Emülsifiye yağ ve gres (mg/l)	0.02	0.3	0.5	>0.5
6. Metilen mavisi aktif maddeleri (mg/l)	0.05	0.2	1	>1.5
7. Fenolik maddeler (uçucu) (mg/l)	0.002	0.01	0.1	>0.1
8. Mineral yağlar ve türevleri (mg/l)	0.02	0.1	0.5	>0.5
9. Toplam pestisit (mg/l)	0.001	0.01	0.1	>0.1

Tablo 3.13 (Devam)

C) İnorganik kirlenme parametreleri ^d				
1. Civa ($\mu\text{g Hg/l}$)	0.1	0.5	2	>2
2. Kadmiyum ($\mu\text{g Cd/l}$)	3	5	10	>10
3. Kurşun ($\mu\text{g Pb/l}$)	10	20	50	>50
4. Arsenik ($\mu\text{g As/l}$)	20	50	100	>100
5. Bakır ($\mu\text{g Cu/l}$)	20	50	200	>200
6. Krom (toplam) ($\mu\text{g Cr/l}$)	20	50	200	>200
7. Krom ($\mu\text{g Cr}^{+6}/\text{l}$)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	>50
8. Kobalt ($\mu\text{g Co/l}$)	10	20	200	>200
9. Nikel ($\mu\text{g Ni/l}$)	20	50	200	>200
10. Çinko ($\mu\text{g Zn/l}$)	200	500	2000	>2000
11. Siyanür (toplam) ($\mu\text{g CN/l}$)	10	50	100	>100
12. Florür ($\mu\text{g F/l}$)	1000	1500	2000	>2000
13. Serbest klor ($\mu\text{g Cl}_2/\text{l}$)	10	10	50	>50
14. Sülfür ($\mu\text{g S}^{-2}/\text{l}$)	2	2	10	>10
15. Demir ($\mu\text{g Fe/l}$)	300	1000	5000	>5000
16. Manganez ($\mu\text{g Mn/l}$)	100	500	3000	>3000
17. Bor ($\mu\text{g B/l}$)	1000 ^e	1000 ^e	1000 ^e	>1000
18. Selenyum ($\mu\text{g Se/l}$)	10	10	20	>20
19. Baryum ($\mu\text{g Ba/l}$)	1000	2000	2000	>2000
20. Radtoaktivite(pCi/l)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	>10
beta-aktivitesi	10	100	100	>100

Tablo 3.13 (Devam)

D) Bakteriyolojik parametreler				
1. Fekal koliform (EMS/100 ml)	10	200	2000	>2000
2. Toplam koliform (EMS/100 ml)	100	20000	100000	>100000

- a) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.
- b) Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.
- c) pH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0.02 mg NH₃⁻-N/l değerini geçmemelidir.
- d) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.
- e) Bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri 300 µg/l' ye kadar düşürmek gerekebilir [4].

“Avrupa Topluluğu Su Kalite Kriterleri” ne göre kalite sınıfları Tablo 3.14’ de verilmiştir.

A₁, A₂ ve A₃ sınıflarındaki yerüstü suyunun içme suyuna dönüştürülmesi için standart arıtma metotlarının tanımı;

Sınıf A₁ : Basit fiziksel arıtma ve dezenfeksiyon, yani hızlı filtrasyon ve dezenfeksiyon.

Sınıf A₂ : Normal fiziksel arıtma, kimyasal arıtma ve dezenfeksiyon, yani ön klorlama, çökeltme, toplama, aktarma, filtrasyon, dezenfeksiyon (nihai klorlama).

Sınıf A₃ : Yoğun fiziksel ve kimyasal arıtma, genişletilmiş arıtma ve dezenfeksiyon, yani kırılma noktasında klorlama, çökeltme, toplama, aktarma, filtrasyon, adsorpsiyon (aktif karbon), dezenfeksiyon (ozon, nihai klorlama) [16].

Tablo 3.14. Avrupa topluluğu su kalite kriterlerine göre kalite sınıfları [16]

	Parametreler		A1	A1	A2	A2	A3	A3
			G	I	G	I	G	I
1	pH		6.5-8.5		5.5-9		5.5-9	
2	Renk (basit filtrasyondan sonra)	mg/l Pt ölçeği	10	20 (O)	50	100 (O)		
3	Toplam katı süspansiyon	mg/l SS	25					
4	Sıcaklık	°C	22	25 (O)	22	25 (O)	22	25 (O)
5	İletkenlik	20 °C'de ms/cm ⁻¹	1000		1000		1000	
6	Koku	(25 °C'de sulandırma faktörü)	3		10		20	
7*	Nitrat	mg/l NO ₃	25	50 (O)		50 (O)		50 (O)
8 ¹	Florür	mg/l F	0.7-1	1.5	0.7-1.7		0.7-1.7	
9	Toplam ayrıştırılabilir organik klor	mg/l Cl						
10*	Çözünmüş demir	mg/l Fe	0.1	0.3	1	2	1	
11*	Mangan	mg/l Mn	0.05		0.1		1	
12	Bakır	mg/l Cu	0.02	0.05 (O)	0.05		1	
13	Çinko	mg/l Zn	0.5	3	1	5	1	5
14	Bor	mg/l B	1		1		1	
15	Berilyum	mg/l Be						
16	Kobalt	mg/l Co						
17	Nikel	mg/l Ni						
18	Vanadyum	mg/l V						
19	Arsenik	mg/l As	0.01	0.05		0.05	0.05	0.1
20	Kadmiyum	mg/l Cd	0.001	0.0005	0.001	0.005	0.001	0.005
21	Toplam krom	mg/l Cr		0.05		0.05		0.05
22	Kurşun	mg/l Pb		0.05		0.05		0.05
23	Selenyum	mg/l Se		0.01		0.01		0.01
24	Civa	mg/l Hg	0.0005	0.001	0.0005	0.001	0.0005	0.001
25	Baryum	mg/l Ba		0.1		1		1
26	Siyanür	mg/l CN		0.05		0.05		0.05
27	Sülfat	mg/l SO ₄	150	250		250(O)	150	250 (O)
28	Klorür	mg/l Cl	200		150		200	
29	Surfaktanlar (metil mavi ile reaksiyona girer)	mg/l	0.2		200		0.5	
30 ^{*1}	Fosfatlar	mg/l P ₂ O ₅	0.4		0.2		0.7	

Tablo 3.14 (Devam)

31	Fenoller (fenol indeksi) Para nitranilin 4 aminoantiprin	mg/l C ₆ H ₅ OH		0.001	0.7	0.01	0.1	
32	Çözülmüş ya da emilmiş hidrokarbonlar (petrol eteri ile ayrıldıktan sonra)	mg/l		0.05	0.005	0.2	0.5	1
33	Polisiklik aromatik hidrokarbonlar	mg/l		0.0002		0.0002		0.001
34	Toplam haşere ilaçları (petrol eteri ile ayrıldıktan sonra)	mg/l		0.001		0.0025		0.005
35*	KOİ	mg/l O ₂					30	
36*	Çözülmüş oksijen doygunluk oranı	% O ₂	>70		>50		>30	
37*	BOİ ₅ (nitrifikasyon olmaksızın 20 °C' de)	mg/l O ₂	<3		<5		<7	
38	Kjeldahl metodu ile azot (NO ₃ hariç)	mg/l N	1		2		3	
39	Amonyak	mg/l NH ₄	0.05		1	1.5	2	4 (O)
40	Kloroformla ayrılabilen maddeler	mg/l SEC	0.1		0.2		0.5	
41	Toplam organik karbon	mg/l C						
42	Aktarma ve zar filtrasyonundan sonra kalan organik karbon (5µ) TOC	mg/l C						
43	Toplam koliformlar (37 °C' de)	/100 ml	50		5000		50000	
44	Fekal koliformlar	/100 ml	20		2000		20000	
45	Fekal streptokok	/100 ml	20		1000		10000	
46	Salmonella		5000 ml'de mevcut değil		5000 ml'de mevcut değil			

I = Zorunlu, G = Kılavuz, O = İstisnai iklimsel ya da coğrafik şartlar

3.4. Literatür Çalışması

3.4.1. Dünyada biyotik indeks kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar

1972 yılında F. M. Chutter tarafından yapılan bu çalışma, taşlardaki geçerli faunal topluluklardaki azalmanın, su kalitesindeki organik kirlilik ile doğrusal bir ilişki içinde olduğunu açıklamaktadır. İlkel göl araştırmalarında elde edilen sınıflandırma verilerinin kullanımıyla belirlenen kalite değerleri (0 ile 10 arasında), su kirliliğiyle farklı biçimlerde ilişki kurmuştur. Alınan bir faunal örnek için birey canlı sınıflandırması yapılmış, topluluğun kalite indeks değerine ulaşılmıştır. Her bir sınıflandırmadaki bireyin değeri sınıflandırmanın kalite değeriyle çarpılmıştır. Bu çarpımın sonuçları, örnekler için toplanmış ve bu toplam örnekteki bütün bireylerin toplam sayısı tarafından bölünerek biyotik indeks değeri elde edilmiştir. Baetidae Ephemeroptera' nın bolluk ve çeşitliliğine uygun olarak meydana gelen değişim, kalite değerlerinin de değişmesini sağlamıştır. Bu durum, bütün canlıların tür seviyelerinin tanımlanmasını gereksiz hale getirmiş ve örnek büyüklüğünün çok önemli olmadığını göstermiştir. Biyotik indeks, diğer yazarların indeksleriyle kıyaslanmıştır [25].

1983 yılında P. D. Armitage, D. Moss, J. F. Wright ve M. T. Furse tarafından yapılan bu araştırmada, takımsal skorlara ayrılan BMWP sistemi için esas olarak makroinvertebrat familyaları kullanılmıştır. 41 göl sisteminin 268 bölgesinin performansının belirlenmesi için, geniş bir alanın fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Mevsim ve örneklemeyle ilgili olarak ASPT ve skorlarda meydana gelen değişiklikler takip edilmiştir. Mevsimsel değişimlerin önemsiz olduğu ve özellikle ASPT ve diğer skorların tahminlerinin yapılmasında yaz, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinin hiçbirinin etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Skorlar için önemli olan örnekler yedeklenmiş fakat ASPT' ye çok az etki etmiş ve ASPT kullanıldığı zaman düşük verim elde edilmiştir. Bölgenin 8 grup için ASPT değerleri ve skorları, çok değişkenli sınıflara ayırma teknikleri tarafından ortaya çıkarılmıştır. Genel olarak skorlar, alanın orta kısımlarında yüksek, aşağı kısımlarında düşük olarak belirlenmiştir. ASPT' deki zıtlık, bölgenin aşağı ve üst kısmındaki grupların değerlerinde devamlı bir değişim olduğunu göstermiştir. Çalışmalar, fiziksel ve

kimyasal veya sadece fiziksel verilerin çoklu regresyonda kullanılmasıyla ASPT ve skorların önceden tahmin edilmesini sağlamıştır. ASPT' nin önceden tahmin edilmesinde kullanılan denklemler, değişimin yüksek olmasını (%65), önceden tahmin edilen skordardan (%22) daha iyi izah etmiştir. Bu durum, kullanılan denklemlerin, ASPT' nin teorik olarak hesaplanmasını mümkün kılacağı fikrini vermiştir [26].

1984 yılında M. M. Andersen, F. F. Riget ve H. Sparholt tarafından, Danimarka su sistemlerinin gözlemlenmesinde kullanılabilen ve temelini makroinvertebratlardan alan yeni bir kirlilik indeksi geliştirilmiştir. Trent Biyotik İndeks' den ilham alan bu indeks, iki yeni prensibi birleştirmek için gerekli olmuştur. İlk olarak, kirlilik göstergeleri olan *Asellus aquaticus* ve *Chironomus sp.*, indeks değerine negatif tesir eden taxa olarak kullanılmış, o nedenle anahtar grupların artmasında faydalı olmuştur. İkinci olarak, negatif indeks gruplarında yer alan taksonomik grupların sayıları, pozitif sayılardan çıkarılmıştır. Böylece, temel prensip için faydalı olan, artan kirlilik tesirleri sonucunda taksonomik grupların azalmasına neden olmuştur [27].

1990 yılında I. T. Whitehurst ve B. I. Lindsey tarafından yapılan araştırmada, bentik makroinvertebratlar, İngiltere' deki Adur Nehri sistemi üzerindeki sekiz bölgede, 24 aylık süre üzerinden 5 dakikalık numune alma tekniğiyle değerlendirilmiştir. Bölgeler, atıksu arıtma işlerinin yukarı ve aşağı yöndeki akıntısı ve üç nehir ağzı üzerinde yer almaktadır. Tüm bölgelerin faunası yıpranmıştır ancak burası aşağı öndeki akıntı ve atıksu çıkışındaki alanların en büyüğüdür. Chess Irmağı' nın nispeten temiz bir ağız olduğu ve su kalitesinin genel olarak iyileştirilmesi gerektiği takdirde tüm sistemin önüne geçebilecek koşulları yansıttığı anlaşılmıştır. Veri üzerinden dört biyotik indeks (Chandler Skor İndeksi, Genişletilmiş Trent Biyotik İndeks, BMWP Skor İndeksi ve Gammarus:Asellus Oranı) uygulanmıştır. Her ne kadar Chandler Skor İndeksi nehrin organik olarak zenginleştirilmesine ilişkin değerlendirme için kullanışlı bulunsa da, yerel balıkçılık kulüpleri ve koruyucu organizasyonlar tarafından rutin gözetim açısından en değerli indeksin Gammarus:Asellus Oranı olduğu savunulmaktadır [28].

1993-1995 yılları arasında Bernard N. Lenz ve S. J. Rheume tarafından yapılan çalışmada; Doğal Su Kalite Belirleme Programı dahilindeki, Western Gölü Michigan Bataklığı'nda seçilmiş sabit 11 bölgedeki bentik invertebrat familyalarındaki değişimi gözleyip, bu bölge için su kalitesinin belirlenmesine çalışılmıştır. Bentik invertebrat topluluk ölçümleri; Hilsenhoff Familya İndeksi, EPT (Ephemeroptera, Plecoptera ve Trichoptera) yüzdeleri ve sayıları, Margalef Farklılık İndeksi ve tolerans değerlerinin anlamını takip etmek için hesaplanmıştır. Bu ölçümlerle habitat ve kimyasal su kalitesi arasındaki ilişkiler incelemiştir. Bentik invertebrat toplulukları açısından, seçilen sabit bölgelerden alınan örnekler arasındaki ve özel akıntılardaki daha çok bölge ve daha fazla yılda alınan örnekler arasında büyük farklılık olduğu görülmüştür. Daha fazla yıl ve daha çok bölge arasındaki farklılık bazen sabit bölgeler arasında bulunanlardan daha büyük olmuştur. Bentik invertebratları, kimyasal kalite ve habitat faktörlerinin her ikisinin de etkilediği görülmüştür. Yüksek farklılık, bentik invertebratların büyük değerleri ve onların topluluk ölçümleri; sabit bölge akıntılarının, yüksek habitat ve kimyasal özelliğe sahip kaliteli su özelliği taşıdığını göstermiştir. Bölgeler arasındaki farklılıklar, habitattaki farklılıklara fazlasıyla bağlıdır. Kimyasal kalite ve akıntının yarattığı farklılıkların (yıllar arasındaki) iklimsel değişimlere büyük oranda bağlı olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada elde edilen veriler, akarsu kalitesinin belirlenmesi için kullanılan invertebratların, habitat ve su kalitesinin her ikisindeki değişimden de etkilendiğini ortaya koymuştur. Bu çalışmadaki akarsuyun su kalitesini, sadece bir tek bentik invertebrat örneğinin tarif etmesi güvenilir bir sonuç vermemektedir. Bentik invertebrat verileri, su kalite değerlendirmesi için aynı veri kaynakları kullanıldığı zaman, 11 sabit bölgenin biyolojik sağlık değerlerinin belirlenmesini sağlamıştır [29].

Makroinvertebratları esas alan biyotik indeksler su kalitesinin test edilmesi açısından avantajlar sunmaktadır. Ancak bu indekslerin mevsimlere bağlı oldukları yönünde yaygın bir eleştiri mevcuttur. 1995 yılında Antonino Sánchez-Ortega, Carmen Zamora-Muñoz, Carmen E. Sáinz-Cantero ve Javier Alba-Tercedor tarafından, bu konuya açıklık getirmek için iki yıllık bir dönem süresinde İber Yarımadası bölgesinden 60 sit numunesi alınmış ve BMWP ve ASPT biyotik indeksleri hesaplanmıştır. İndekslerin yıllık varyasyonları incelenmiş ve mevsimsel

karakteristiklerin birincil faktörü olarak sıcaklıklarla değişikler açısından karşılaştırılmıştır. Ayrıca fiziksel faktörler (pH, iletkenlik, nitratlar, nitritler, amonyak, fosfatlar, klorürler, sülfatlar, kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum, KOI, demir, bakır, çinko, kurşun, nikel, yağlar, deterjanlar ve zehirli maddeler) analiz edilmiştir. Çoklu bir regresyondan, fiziksel ve kimyasal verilerin kullanılmasıyla (BMWP ve ASPT için) iyi bir skor tahmini elde edilmiştir. Kirlenmemiş alanlar için BMWP' nin çeşitliliği (ve su kalitesine ilişkin önemi) mevsimselliğe oranla hayli azalmış ve önemini yitirmişken, ASPT' ninki sıcaklığa önemli ölçüde bağlılık göstermiştir. Bu indekslerin tüm alanlardaki sıcaklık ile ilişkisi (kirli ve temiz) her iki durumda da negatiftir. Bu da, ilişkinin nedeninin mevsimsellikten ziyade kirlenme olduğunu göstermiştir [30].

İngiltere ile diğer birkaç Avrupa ve Milletler Topluluğu ülkelerindeki su kalitesinin biyolojik olarak izlenmesi, BMWP' ye dayanmaktadır. Bu sisteme ait günümüz uygulamalarının merkezini takson başına düşen "kirlenmemiş" ortalamanın tahmini (ASPT) ve mevcut familya miktarı (NFAM) oluşturmaktadır. 1996 yılında W.J. Walley ve V.N. Fontama tarafından yapılan çalışmada, söz konusu tahminler ve Neural Network Sistemleri aracılığıyla ASPT ve NFAM' ın geliştirilmesine yönelik gereklilik vurgulanmıştır. Neural Network Sistemlerinin temel prensipleri hakkında ön bilgi verilmiş ve tipik bir örnek aracılığı ile yapı ve fonksiyonları hakkında açıklamalar yapılmıştır. Model seçimi, eğitim ve test prosedürleri ve ilgili girdi değişenlerinin seçimi gibi önem taşıyan birincil düşünceler derinlemesine açıklanmıştır. Network yapılarının optimizasyonu için tasarlanan darbe analizlerinin sonuçları bildirilmiş ve tartışılmıştır. Network Sistemlerinin bağımsız test verileri üzerindeki performanslarına ve halihazırda sanayide kullanılan RIVPACS III modeline ilişkin kapsamlı analizler sunulmuştur. Tahmin edilen ASPT ve NFAM değerlerindeki sapma ve hatalarla ilgili araştırma sonuçları da tartışılarak muhtemel veritabanı yetersizlikleriyle ilişkilendirilmiştir. ASPT tahminlerinin, NFAM' a ait olanlara kıyasla çok daha güvenilir oldukları, alan türü ve ya biyolojik toplulukla ilgili olmaksızın birkaç çevresel değişken üzerinden doğrudan tahmin edilebildikleri ve daha fazla ilgili çevresel verinin toplanması durumunda tahmin kapsamının genişletilebileceği sonucuna varılmıştır [31].

1996 yılında W.J. Walley ve H.A. Hawkes tarafından yapılan çalışmada, bolluk değerlendirme ve bölge cinsinin etkilerini birleştiren BMWP skorları ve gösterge değerlerinin elde edilmesine ilişkin bir yöntem kullanılmıştır. Bu uygulama, İngiltere ve Galler’ de 1990 yılında yapılan nehir kalitesi ölçümünden elde edilen biyolojik verilerin kullanılmasıyla genel BMWP ailya skorlarını yeniden değerlendiren üyelerin önceki çalışmalarının bir devamı niteliğindedir. Yöntem kısaca açıklanmış, ancak matematiksel formülleri tamamen belgelenmiştir. Tam detaylar genel olarak, bölgeyle ilgili ve bölgedeki bollukla ilgili elde edilen skorlara ve seçilen 34 ailyaya ilişkin gösterge değerleriyle ilgili olarak sağlanmıştır. Türetilen skor ve gösterge değerleri bazındaki takson başına ortalama skora (ASPT) ait yeni tanımlar sunulmuş ve bunların mevcut BMWP bölge skorları ve ASPT’ ler üzerindeki potansiyel etkisi iki örnek üzerinden kısaca incelenmiştir. Türetilen skorlar üzerinde bölge cinsi ve bolluk değerlendirmesine ilişkin bazı ilginç varyasyonlar tespit edilmiş ve bunlara dair açıklamalar da ekolojik bir bakış açısıyla sağlanmıştır. Sonuç olarak, BMWP skor sisteminin önemli ölçüde artan güvenilirliği olduğu ve buna bağlı olarak kullanımının arttığı sonucuna varılmıştır [32].

1996 yılında L. P. Ruse tarafından yapılan bu çalışma için, İngiltere Çevre Ajansı’ nda kullanılan standart örnekleme prosedürleri uygulanarak, 4 yıl boyunca makroinvertebrat örnekleri toplanmıştır. Çevresel veriler kullanılarak, CANOCO programı yardımıyla biyolojik değişimler açıklanmıştır. Makroinvertebrat sınıflandırma kompozisyonundaki farklılıklar, sulak alanların habitatındaki değişimleri en iyi BMWP ve ASPT ‘ nin ortaya koyacağını düşündürmüştür. Analiz yapılırken, bölgeyi kaplayan baskın jeolojik tabakanın (orman çamuru) sınıflandırma kompozisyonundaki değişimi kısıtladığı, BMWP skoru ve ASPT’ nin su kalitesindeki değişimle daha fazla ilişkili olduğu görülmüştür. Bilinen sınıflandırma ve ÇO (çözünmüş oksijen) ölçümleri arasındaki önemli korelasyonlar, izafi skorların BMWP’ ye atfedilmesini desteklemiştir. Makroinvertebratlar örneklerinin toplandığı ay, sınıflandırma kompozisyonunu etkileme konusunda izafi olarak başarısız olmuştur [33].

1997 yılında Yong Cao, Anthony W. Bark ve W. Peter Williams tarafından yapılan çalışmada, İngiltere’ nin Trent Nehri sisteminin organik kirlenme eğimi boyunca

makroinvertebrat topluluklarında meydana gelen değişiklikleri incelemeye yönelik yeni bir yöntem kullanılmıştır. Söz konusu model, topluluklardaki değişiklikleri dört tip olarak incelemekte, bunlardan üçü de iki alt tip olarak ayrılmaktadır. Elde edilen sonuçlar, suyun kalitesi bozuldukça türlerde kayıpların meydana geldiğini, direnen türlerin miktarı hızla azalırken, örnek teşkil eden türlerle ortak özellikli türlerin oran ortalamasının maksimum olduğunu göstermiştir. Ancak başta hafif kirlenme oranına maruz olan bölgeler olmak üzere, kirlenen alanlarda toleranslı bazı türlerin oluştuğu da gözlenmiştir. Bu değişikliğin özetlenmesi için, yaygın olarak kullanılan bir takım biyotik indekslerin kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Chandler-ASPT, daha düşük su kalitesi serisi üzerindeki hassasiyetinin artırılması için log S' nin (tür zenginliği/kilit takson miktarı) çarpımıyla elde edilmiş olup, etkinliği ise üst düzey su kalitesi üzerinden elde edilmiştir. Düzenlenen indeks, yayımlanan bir veri topluluğu aracılığıyla test edilmiştir [34].

1998-1999 yılları arasında Jason T. Butcher, Paul M. Stewart ve Thomas P. Simon tarafından yapılan çalışmada; yaprağı dökülen ağaçlar, yağmurlu bölge ağaçları ve kozalaklı ağaç toplulukları tarafından karakterize edilmiş Kuzey Gölleri ve Orman Ekobölgesi' nin bulunduğu, Orta Batı Birleşik Devletleri' nin kuzeyindeki soğuk bölgenin etrafını kuşatan bölgede gerçekleştirilmiştir. Çevre Koruma Ajansı' nın Çevresel Görüntüleme ve Değerlendirme Programı, ekobölgelerden rasgele seçilen bölgeleri kullanarak akarsular için bir biyotik indeks tasarlamıştır. Çoklu habitat ve kompozit numune metodu kullanılarak, 1998 ve 1999 yıllarında makroinvertebrat örnekleme yapılmıştır. 94 bölgeden, 97 ailesi kapsamındaki 246 invertebrat sınıfı toplanmıştır. 42 aday ölçütten 10 tanesi olan; 6 yapısal ölçüt (Ephemeroptera sınıflandırma sayısı, Diptera sınıflandırma sayısı, bolluğu, Shannon&Wiener çeşitliliği, Trichoptera bolluk yüzdesi ve Crustacea ve Mollusca bolluk yüzdesi), 2 işlevsel ölçüt (Filterer sınıflandırma sayısı ve Scraper sınıflandırma sayısı), 2 koşullu ölçütü (Ephemeroptera, Trichoptera ve Plecoptera sınıflandırma ve Hilsenhoff Biyotik İndeksi sayıları) kapsayarak ölçüt seçim kriterlerine uymuştur. Bu ölçütler, ekobölgedeki akarsuların biyolojik bütünlüğüne yönelik bir bentik topluluk indeksi geliştirmek için kullanılmıştır. İndeks değerleri 10 ile 50 arasında değerismektedir ve bozulan bölgelerin skorları, bozulmayan bölgelerin skorlarından önemli derecede farklılık göstermiştir. İndeks değerleri, biyolojik bütünlüğu 3 sınıfa ayırmıştır (kirli,

orta ve iyi). Bu çalışmanın ilerletilmesiyle birlikte, ekobölgedeki kaynak yöneticileri için yararlı bir biyolojik değerlendirme aracı ortaya çıkarılmıştır [35].

2001 yılında Oscar Ravera tarafından yapılan bu çalışma, iki biyotik indeksten elde edilmiş (Trent Göl Biyotik İndeksi, Genişletilmiş Biyotik İndeks) çeşitli farklılık indeksleri (Simpson, Berger-Parker, Margalef, Menhinick, McIntosh, Shannon) ve benzer bir indekse göre (Jaccard) işleme tabi tutulan serilerden elde edilen verilerin sonuçlarının kıyaslanmasına yönelik bir çalışmadır. Buna ilave olarak, akarsu boyunca mevcut türlerin belirlenmesinde Cody's İndeksi benimsenmiştir. Verilerin kaynağı, makroinvertebratlardaki mevsimsel değişimlerin takip edildiği Ravella Akarsuyu çalışmasıdır (Como Eyaleti, Kuzey İtalya). Sonuçlar takip edilmiştir. Makroinvertebrat topluluğundaki birey bolluğunda ve çeşitlilik değerindeki azalma ile doğal ortamdaki organik bozulma arasındaki bağlantı açıkça bilinmektedir. Akarsu boyunca mevcut türlerin doğum ve ölüm döngülerinin hızlı olması, yerel türlerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Tür bolluğu dağılımı, farklı örnekleme istasyonlarındaki tür çeşitliliğini tanımlamak ve kıyaslamak için çok basit ve güçlü bir araçtır. Görüntülemenin herhangi bir şekli (biyotik indeksler, çeşitlilik indeksleri), kirli olmayan ve ağır kirli bölgelerin kıyaslanması için kullanışlı olmaktadır. Aksine, yüksek diskriminant yeteneğine sahip çeşitlilik indeksleri veya tür bolluk dağılımı, biyotik indekslerden daha sık kullanıldığında, tür toplulukları arasındaki küçük farklılıklar daha iyi belirtilmiştir [36].

2005 yılında Bruno Rossaro, Laura Marziali, Ana Cristina Cardoso, Angelo Solimini, Gary Free ve Roberto Giacchini tarafından yapılan çalışmada, 42 İtalyan gölündeki makroinvertebratlar ve çevresel değişkenler arasındaki ilişki biyotik indeks geliştirme amacıyla analiz edilmiştir. Araştırılan göllerde 373' ü Chironomidae familyasına, 85' i ise Oligochaeta sınıfına ait 570 tür bulunmuştur. 10' dan daha az örnekte rastlanan endemik türler analiz dışında tutulmuş, veri analizi için 57 tür kalmıştır. Çok çeşitli analiz; kanonik korelasyon analizi (CANON) ve varyans ve eş varyansa (MANCOVA) ilişkin çok türlü analizler, 1060 örnekleme noktasında büyük bir veri tabanı üzerinde sürdürülmüş olup, gerek çevresel veriler (16 kimyasal ve morfometrik değişken) ve yumuşak dip örneklerinden 57 cins kullanılmıştır. Buna ek olarak, yine 2005 yılında Kuzey İtalya' da (Lombardy) numune alınan 94 küçük

göl bölgesine ait ikinci bir veri seti de karşılaştırma amacıyla analiz edilmiştir. Büyük veritabanı üzerinde yapılan veri analizinden (CANON) aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- (1) Birinci kanonik değişken olan iletkenlik, pH ve alkalinite ile ilgili olup toplam değişkenin %17' si için hesaplanmıştır.
- (2) İkinci kanonik değişken olan toplam fosfor, NH_4^+ - N ve çözünmüş oksijen ile ilgili olup toplam varyasyonun %15' i için hesaplanmıştır.
- (3) Gölün maksimum derinliği, hacmi ve su sıcaklığı üçüncü kanonik değişken ile ilişkilendirilmiş olup, bu da varyasyon kaynağının %14' ü için hesaplanmıştır.

Küçük göllere ait veritabanı üzerindeki analiz, ilk kanonik değişken tarafından çözünmüş oksijen ile örnek derinliği arasındaki korelasyonun ters olduğunu ve ikinci kanonik değişkenin de şeffaflık ve besinlerle aksi yönde bir ilişki gösterdiğini açığa çıkarmıştır.

MANCOVA, göl türleri ve örnekleme arasındaki farklılıkları ispatlayarak CANON sonuçlarını teyit etmiş ve türlerin kompozisyonu üzerinde farklı hedef değişkenlerine ait katkının nicelleştirilmesine olanak vermiştir.

Yüzdeler oksijen satürasyonu ($\text{O}_2\%$ sat), şeffaflık (transp) ve toplam fosfor (TP) yüzdesi sıralanmak üzere tropik durum indeksi hesaplanmıştır [37].

3.4.2. Türkiye' de biyotik indeks kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar

DSİ, 1992; "Sakarya ve Seyhan Havzaları' nda Kirlenme Durumlarının İncelenmesi ve Bu Havzalarda Kalite Sınıflarının Tespiti Projesi" 1989-1991 yılları arasında uygulanmıştır. Bu çalışmada, proje kapsamındaki akarsularda fiziksel ve kimyasal analizler yapılmış ayrıca su kalitesi biyolojik yönden de araştırılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla Trent Biyotik İndeks ve BMWP yöntemleri kullanılmıştır [15].

1992-1999 yılları arasında, T.C. Çevre Bakanlığı' nın destek verdiği "Uluslar arası Önemi Olan Sulak Alanların Biyolojik ve Ekolojik Yönden Araştırılması" isimli

proje kapsamında, Burdur Gölü, Acıgöl, Işıklı Gölü, Marmara Gölü, Homa Dalyanı, Küçük Menderes Deltası, Büyük Menderes Deltası, Bafa Gölü, Güllük Sazlığı, Köyceğiz Gölü, Salda Gölü, Çorak Gölü, Eğirdir Gölü, Karataş Gölü, Yarışlı Gölü, Kovada Gölü, Karamuk Bataklığı, Eber Gölü, Akşehir Gölü, Çavuşçu Gölü ve Beyşehir Gölü incelenmiştir (N. Kazancı, S. Girgin, D. Oğuzkurt, M. Barlas, Ş. Dere, A. Demirsoy, A. Akbulut, T. Akim, N. Adıgüzel, H. Şağban, F. Erkakan, M. Çalışkan, N. Akbulut, Z. Yıldırım, V. Tok, N. Yiğit, S. Karauz, N. Barlas, Y. Durmuş, A.C. Hoş) [38].

Kazancı, 1993; Köyceğiz-Dalyan Özel Çevre Koruma Bölgesi' nde ekosistemin korunabilmesi için seçilen bir indeks, fiziksel, kimyasal parametrelerle biyolojik parametrelerin birlikte değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Bu bölge için en uygun biyotik indeksin Belçika Biyotik İndeksi olduğu belirlenmiş ve bu indeks Köyceğiz Gölü' ne dökülen akarsularda su kalitesini izleme çalışmalarında Palaemonetes antennarium' un kirliliğe en toleranslı grup olarak 7. sıraya eklenmesi ile modifiye edilerek kullanılmıştır [15].

Girgin ve Kazancı 1994' te, Ankara Çayı' nın su kalitesini fiziko-kimyasal ve biyolojik yöntemlerle belirlemiş ve elde edilen bilgileri "Türkiye İç Suları Araştırmaları Dizisi:1" adlı kitapta toplamışlardır [39].

Kazancı ve Girgin tarafından Ankara Çayı' na Biyotik İndeks uygulanmıştır (Kazancı ve Girgin 1996). 1991 ve 1992 yıllarında Ankara Çayı' nda belirlenen 20 örnekleme noktasında yapılan örneklemelemlerle, akarsuyun fiziko-kimyasal özellikleri belirlenmiş ve taban büyük omurgasız örnekleri toplanmıştır. Yapılan bu detaylı çalışmada taban büyük omurgasızlarının örnekleme noktalarındaki bolluk ve dominansları ile örnekleme noktalarının faunal çeşitlilikleri ve benzerlikleri tespit edilmiştir. Ayrıca iki yıl boyunca elde edilen fiziko-kimyasal verilerle örnekleme noktalarının su kalitesi tespit edilmiş ve su kalitesi ile taban büyük omurgasız faunası arasındaki ilişki Pearson korelasyon analizi ile açıklanmıştır. (Girgin ve Kazancı, 1994). Yapılan bu temel çalışmanın ardından akarsu sistemine biyotik indeks uygulanmıştır. (Kazancı ve Girgin, 1996). Ankara Çayı için en uygun biyotik indeks belirlemek için dünyada en yaygın olarak kullanılan biyotik indekslerden üç tanesi

denenmiş (BMWP skor, Chandler Biyotik İndeks ve Belçika Biyotik İndeksi) ve elde edilen sonuçlar detaylı olarak ortaya konulmuştur. Bu incelemeler sonucunda en yaygın biyotik indeksin Belçika Biyotik İndeks olduğu belirlenmiştir [15].

Girgin ve Kazancı 1997' de, Ankara Çayı' nda taban büyük omurgasızları ile kirlilik parametreleri arasındaki ilişkinin belirlenmesinde yine biyotik indeks yöntemlerini kullanmışlardır [40].

Yine 1997 yılında Girgin tarafından, Ankara Çayı' nda taban büyük omurgasızlarının çeşitlilikleri değişik indeksler kullanılarak araştırılmıştır [41].

1997 yılında; Kazancı, Girgin, Dügel ve Oğuzkurt tarafından, "Türkiye İç Suları Araştırmaları Dizisi:II" adlı bir kitap yayımlanmış ve kitapta akarsuların çevre kalitesi yönünden değerlendirilmesinde ve izlenmesinde biyotik indeks yöntemine yer verilmiştir [15].

Girgin ve Kazancı 1997' de Kirmir Çayı' na Biyotik İndeks uygulamıştır. Kirmir Çayı' nda Haziran 1990' da 16 örnekleme noktasında su ve taban büyük omurgasızlar açısından örnekleme yapılmış ve bu araştırma dönemindeki taban büyük omurgasız faunası belirlenmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda bu akarsu sistemi için de en uygun biyotik indeksin Belçika biyotik İndeksi olduğu saptanmış ve Kirmir Çayı' nın biyolojik su kalite haritası çizilmiştir. Elde edilen bilgiler "İstanbul su ve Çevre Sempozyumu Bildiri Kitabı" nda yayımlanmıştır [42,15].

Kazancı, Girgin, Dügel ve Oğuzkurt 1997' de; biyotik indeks yöntemini kullanarak akarsularda biyolojik çeşitlilik incelemesi yapmışlardır [43].

2003 yılında Engin Şentürk tarafından; Orhaneli, Emet ve Mustafakemalpaşa Çayları' nın su kalitesi belirlenmiştir. Bu çaylarda belirlenen 12 istasyondan Kasım 2000-Temmuz 2001 tarihleri arasında mevsimsel olarak taban büyük omurgasızları toplanmış ve Trent Biyotik İndeks (TBI), Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Skor Sistemi (BMWP), Belçika Biyotik İndeksi (BBI) yöntemleri kullanılarak su kalitesi belirlenmiştir. Sonuç olarak, her üç Çay' da da sıcaklık, pH ve nitrat (NO₃)

değerlerine göre tüm istasyonlar I. sınıf su kalitesinden tespit edilirken, diğer kimyasal analiz sonuçlarına göre su kalitesi I. sınıf ile IV. sınıf arasında değişim göstermiştir. Biyotik indeks uygulamalarına dayanarak yapılan değerlendirmede, Belçika Biyotik İndeksi' ne (BBI) göre her üç Çay' da da indeks değerleri 5-10 arasında değişim göstermiş, su kalitesi örnekleme yapılan birkaç istasyon dışında I. sınıf tespit edilmiştir. Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Skor Sistemi (BMWP) uygulamasına göre skor 38-163 arasında değişmiş, su kalite sınıfı çoğunlukla IA olarak saptanmıştır. Trent Biyotik İndeksi' ne (TBI) göre ise indeks değeri 6-12 arasında değişmiş, çoğunlukla su kalite sınıfı IB olarak tespit edilmiştir [44].

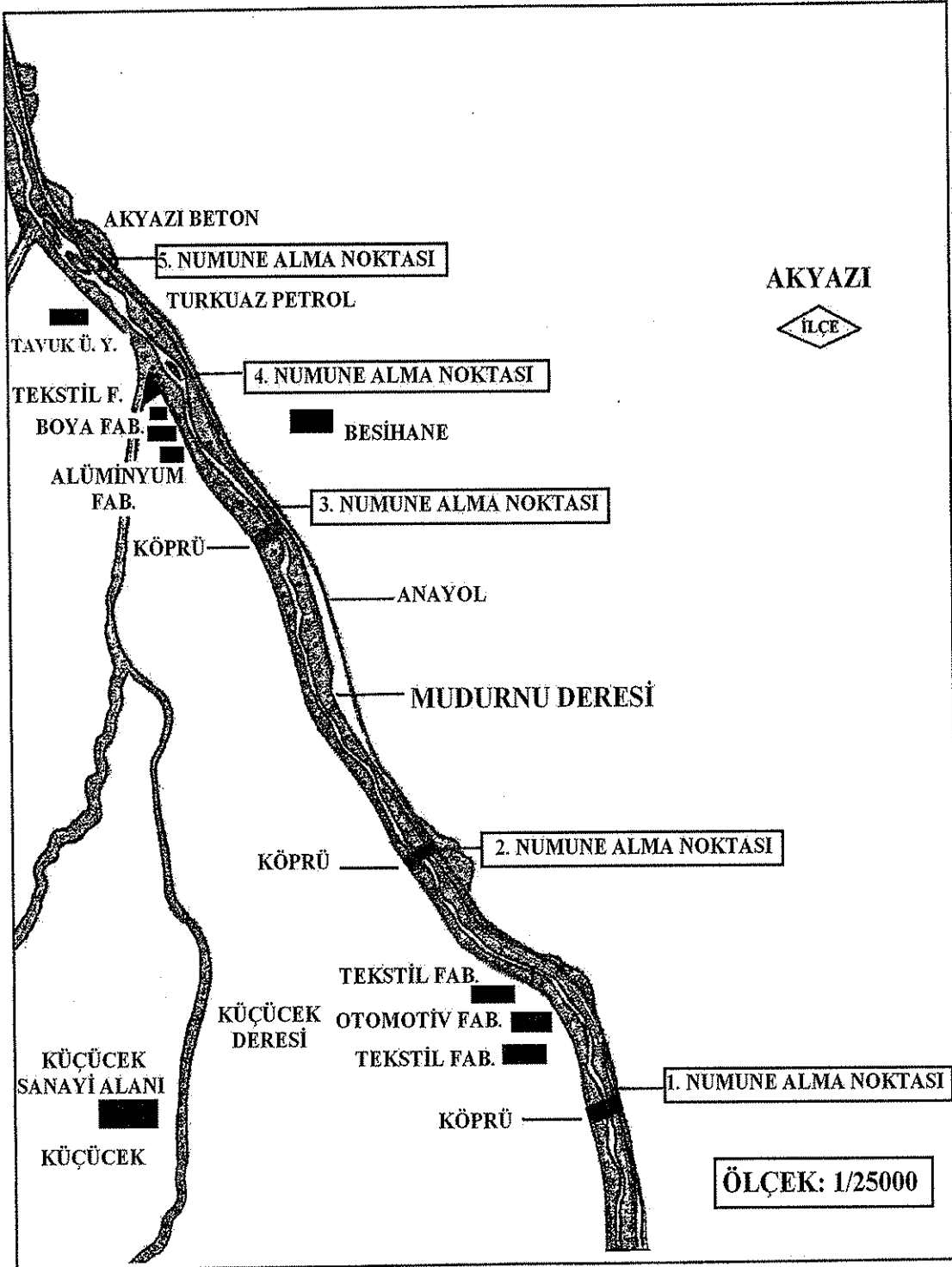
2004 yılında M. Kırkağaç ve G. Köksal; akarsularda bentik makroomurgasızların su kirliliğine karşı tepkilerini belirleme çalışmalarında, biyotik ve çeşitlilik indekslerini kullanmışlardır [45].

BÖLÜM 4. MATERYAL VE METOT

4.1. Materyal

4.1.1. Numunelerin alındığı noktalar

Numune alma noktaları yüzeysel sulardan numune alma esaslarına uyularak tespit edilmiştir [13,24]. Sistemi en iyi şekilde temsil edebilecek 5 nokta seçilmiştir. Birinci numune alma noktası; Mudurnu Deresi' nin, Kuzuluk Belediyesi yakınından geçen (fabrika atıksu deşarjlarının yapılmaya başlanmadığı nokta) bölümündeki numune alma noktasıdır. İkinci nokta; fabrika deşarjlarının başladığı, Anayol üzerindeki köprü altında bulunan numune alma noktasıdır. Üçüncü nokta; Küçücek-Karapürçek istikametindeki köprünün 100 m ilerisindeki numune alma noktasıdır. Dördüncü nokta; Çak Tekstil (kot fabrikası) önündeki köprü altında bulunan numune alma noktasıdır. Beşinci nokta ise; Anayol üzerinde bulunan Turkuaz Petrol ve Akyazı Beton arasında kalan, Küçücek Deresi' nin Mudurnu Deresi' ne karıştığı bölgeden sonraki kısımda bulunan numune alma noktasıdır. Şekil 4.1' de numunelerin alındığı noktalar harita üzerinde belirtilmiştir.



Şekil 4.1. Mudurnu Deresi, fabrikalar ve numune alma noktaları [10]

4.2. Metot

4.2.1. Makroinvertebratların örnekleme

Belirlenen 5 noktadan 6 ay süresince bentik makroinvertebrat örnekleri alınmıştır. Akarsuyun enine (çok derinlere gidilmeyecek şekilde) ve boyuna (20 m) 15 dakika süreyle bentik makroinvertebrat örnekleri toplanmıştır. Örnekleme, el neti (1 mm gözenekli) ve beyaz tepsi (30x50 cm) yardımıyla yapılmıştır. Toplanan örnekler tepsiye dökülerek bitki, çamur ve taşlardan temizlenmiş; daha sonra içlerine %10' luk formaldehit konulan numaralandırılmış kaplarda saklanmıştır. Laboratuvar ortamına götürülen örnekler, binoküler mikroskop yardımıyla teşhis edilmiştir. Familya ve tür teşhisi için teşhis anahtarı kullanılmıştır [46]. Teşhisler yapıldıktan sonra, TBI, BBI, BMWP, Shannon&Weaver İndeksi, Margalef İndeksi, Simpson İndeksi ve ASPT' ye göre değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre su kalite sınıfları tespit edilmiştir.

4.2.2. Kimyasal parametrelerin analizinde uygulanan metotlar

4.2.2.1. Amonyum azotu ölçümü ($\text{NH}_4^+\text{-N}$)

Amonyum azotu kısmen amonyak ve amonyum iyonu formlarından meydana gelmektedir. İki form arasında pH dengesine bağımlı olarak var olmaktadır. Güçlü alkali çözeltisinde amonyum azotu adeta tamamen amonyak olarak bulunmaktadır.

100 ml numune konulan behere magnet atılır, magnetik karıştırıcı üzerine konarak NH_3 elektrotu çözeltiye daldırılır. pH' ı 10' un üzerine çıkarmak için 10 N NaOH' dan ilave edilir ve okuma yapılır. Sonuç mg/L olarak kaydedilir [47].

4.2.2.2. Fenol tüp test – 14551

Fenol ve fenol türevleri thiazole türevleri ile kırmızı viole boyar tepkisi ile kararlı şekilde fotometrik ölçülmektedir. Dalga boyu 475 nm ve ölçüm sınırları 0.10-2.50

mg/L' dir. pH 2-11 arasında olmalıdır. Düzeltme gerekirse sodyum hidroksit çözeltisi veya sülfürik asit çözeltisi ile ayarlanır. Bulanık numuneler süzülmalıdır.

Fenol tüp testi, Merck marka kitlerle yapılmaktadır. Kitin içinde, reaksiyon tüpleri, pH (Phenol) - 1K ve pH (Phenol) - 2K kimyasalları ve şahit çözelti tüpü (14551) bulunmaktadır. Ön işlemde geçen 5-25 °C' deki numuneden 10 ml reaksiyon tüpünün içine alınır. pH - 1K kimyasalından, kapağındaki mikro kaşık yardımıyla 1 ölçü konur, sıkıca kapatılır. İçindeki kimyasal tamamen çözününceye kadar kuvvetlice çalkalanır. pH - 2K kimyasalından, kapağındaki mikro kaşık yardımıyla 1 ölçü konur, sıkıca kapatılır. İçindeki kimyasal tamamen çözününceye kadar kuvvetlice çalkalanır. Reaksiyon zamanı için 1 dakika tüp standına bırakılır. Cihaz şahit çözelti ile sıfırlanır ve hazırlanan tüpler fotometrede okunur [48].

4.2.2.3. Toplam Kjeldahl azotu (TKN)

Tekatör cihazında çalışılmaktadır. İlk aşamada numune içindeki organik azotu NH_4 formuna dönüştürmek için çürütme uygulanır. 25' er ml numune ve şahit için distile su çürütme tüplerine alınır ve 2' şer tablet (3.5 gr K_2SO_4 + 3.5 mg Se) atılır 12' şer ml konsantre H_2SO_4 ilave edilir. 385 °C' de ısıtılır. Beyaz dumanlar bittiği anda işlem tamamlanmıştır. 385 °C' deki kaynama sırasında alkali ve distile suyun yardımıyla kaynayan numunelerdeki zehirli gazlar sıyrılarak çevreye zarar vermeleri engellenir. İkinci aşamada, tekatör cihazında distilasyon ve titrasyon işlemi gerçekleştirilir. Standart metotlara göre tekatöre girilmiş olan reaktif miktarını otomatik olarak numunenin bulunduğu tüp ve titrasyon haznesine çekmektedir. Buhar jeneratörünün de yardımıyla tüp içindeki numuneden ayrılan azot gazı buharlaşır ve cihaz içinde distilasyona tabi tutulup titrasyon haznesindeki % 1' lik borik asit içine gelir. Burada 0.1 N HCl ile titre edilir sonuç mg/L olarak kaydedilir [47].

4.2.2.4. Toplam fosfor tayini (T – P)

Fosfor, temel besin maddelerinden biri olması nedeniyle canlı hayatında büyük önem taşımaktadır. Çevre mühendisliği açısından en önemli fosfor bileşikleri ortofosfatlar,

polifosfatlar ve organik fosfatlardır. Aşırı fosfor yüzey sularında ötrofikasyona neden olmaktadır. Fosfor bileşikleri kazan taşı oluşumu kontrolünde ve su getirmede korozyon kontrolünde kullanılmaktadır. Evsel atıksular, sentetik deterjanlar ve organik madde bünyesinde bulunan fosfatlar nedeniyle önemli miktarda fosfor içermektedir. Biyolojik arıtma uygulamalarında, özellikle endüstriyel atıksular için, gerekli fosforu sağlamak amacıyla fosfat ilavesi söz konusu olabilmektedir [49].

Fosfor çalışması standart metotlardaki $\text{HNO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4$ çürütme metodu kullanılarak yapılmaktadır. Eritme yapılacak erlen içine kolorimetrik ölçüm yapmak için çalışılan metot tarafından belirtilen sınırlar dahilinde kalacak miktarda numune alınır. Üzerine 1 ml H_2SO_4 ve 5 ml HNO_3 ilave edilir. Çürütme işlemine erlende 1 ml numune kalana kadar devam edilir. Soğuyan erlene 5 ml distile su ilave edilir. Bir damla fenolftalein indikatörü damlatılarak, renk pembeye dönene kadar 1 N NaOH ile titre edilir. Daha sonra spektrofotometrede okuma yapılarak sonuçlar mg/L olarak kaydedilir [47].

4.2.2.5. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)

Kimyasal oksijen ihtiyacı, su örneğinin yaklaşık olarak teorik oksijen ihtiyacına eşit olan dikromat metoduyla organik maddelerin inorganik son ürünlere oksidasyonu sırasında tüketilen oksijen miktarını verir. Ölçüm sonuçlarının teorik değerlere ne kadar yaklaşacağı, oksidasyonun hangi oranda tamamlandığına bağlıdır. Çok sayıda organik bileşik %90-100 oranında oksitlenebilmektedir. Bu gibi durumlarda KOİ, teorik oksijen ihtiyacının gerçekçi ifadesidir. Bu koşullar altında oksitlenmesi zor olan organik bileşikler içeren atıksularda ise KOİ, teorik oksijen ihtiyacının zayıf bir ölçütüdür. Bazı atıksularda bu durumla karşılaşılabilir. KOİ değeri önemli ölçüde incelenen suyun bileşimine bağlıdır [49].

Her numune ve şahit için alınan erlenlere 0.4' er gr HgSO_4 tartılır. Şahit için 20 ml distile su alınır. Erlenlere gümüş sülfatlı asit reaktifinden 5 ml, sonra 0.5 N $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ reaktifinden 10 ml, daha sonra gümüş sülfatlı asit reaktifinden tekrar 25 ml daha ilave edilir ve kaynama taşı atılır. Geri soğutucuya bağlanarak 2 saat süreyle 160°C ' de kaynatılır. İki saatin sonunda ısıtıcı kapatılır ve düzenek bozulmadan ısıtıcının

üzerinde soğumaya bırakılır. Bir müddet sonra soğutucuların üstünden 60 ml distile su dökülür. Böylece, soğutucunun içinde kalan gaz partikülleri suyla sıyrılmaya ve gazların kaybı önlenmeye çalışılır. Isıtıcıdan alındıktan sonra tekrar oda ısısına gelene kadar soğumaya bırakılır. Daha sonra 2-3 damla ferroin indikatörü damlatılır ve erlen içine balık atılarak 0.25 N DAS ile dosimatta titre edilir. Renk kırmızı-kahveye döndüğü an titrasyon tamamlanır. Aşağıda görüldüğü şekilde hesaplanır [47].

$$KOI(mg / L) = \frac{(A - B) \times 8000 \times N}{numunehacmi(ml)} \quad (4.1)$$

A : Şahit için harcanan DAS

B : Numune için harcanan DAS

N : DAS' ın normalitesi

4.2.2.6. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ)

BOİ₅, herhangi bir numunesindeki organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından parçalanabilmesi için 5 gün içinde ve 20 °C' de gereken oksijen miktarı olarak tanımlanabilir. Normal bir BOİ deneyinin seyrinde, ilk iki günde organik maddeler hızla mikrobik kütle tarafından parçalanmaktadır. İkinci günden sonra deney şişesinde bulunan organiklerin miktarı azalmakta ve hız sınırlanmaktadır. Dolayısıyla hücrelerde iç metabolizma olayı gözlenmektedir. BOİ kavramı en yaygın olarak su kaynaklarının kirlenme derecesinin belirlenmesi, atıkların kirlenme potansiyelinin saptanması ile arıtma sistemlerinin tasarımı, işletilmesi ve verimliliğinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Tahmini BOİ, KOİ değerlerinin %80' i olacak şekilde belirlenerek numune hacmi tahmin edilir. Numune hacimleri Tablo 4.1' de görüldüğü gibidir. Belirli hacimde alınan numuneler özel şişelere alınır ve içine balık atılır. Plastik tıpa içerisine 2 adet NaOH tableti atılıp şişe kapatılarak Oxitoplara sınırlanır. 20 °C' de inkübatörde 5 gün bekletildikten sonra Oxitoptan okuma alıp faktörüyle çarpılarak mg/L olarak kaydedilir [47].

Tablo 4.1. Oxitop numune hacimleri [47]

Tahmini BOİ ₅	Numune Hacmi (mg/L)	Faktör
0-40	432	1
0-80	365	2
0-200	250	5
0-400	164	10
0-800	97	20
0-2000	43.5	50
0-4000	22.7	100

4.2.2.7. Nitrat tüp test (NO₃⁻ - N)

Su numunesindeki mevcut NO₃⁻ – N miktarı spektrofotometrede Merck marka spektroquant test kitleriyle 525 nm’ de çalışılarak tespit edilmektedir. Cihaz, test kiti içinde bulunan şahit çözelti (14542) ile sıfırlanır. Tüpler içine NO₃ – 1K kimyasalından, kapaktaki mikro kaşık yardımıyla 1 ölçü konularak 1 dakika boyunca çalkalanır. Daha sonra 1.5 ml numune konan tüplerde reaksiyonun gerçekleşmesi için 10 dakika beklenir ve okuma yapıp sonuç mg/L olarak kaydedilir [48].

4.2.3. İstatistiksel analiz

Elde edilen kimyasal ve organik parametre sonuçları ile bentik makroinvertebrat skorları t - testi yardımıyla karşılaştırılarak aralarındaki ilişki tespit edilmiştir. Bu karşılaştırma yapılırken SPSS 13.0 Paket Programı kullanılmıştır. Sonuçlar, hangi parametrelerdeki değişimlerin hangi bentik makroinvertebrat familyasını etkilediğini ortaya koymaktadır. Böylece, familyaların kirliliğe karşı toleransları belirlenmiş ve hangi familyaların ne derece kirli bir ortamda yaşayabildiği sonucuna varılmıştır.

4.2.3.1. T - testi

Değişik iki örnek fonksiyonun aynı topluluktan gelip gelmediğinin sınanmasında temel istatistik parametreler göz önünde tutulur. Normal (Gaussian) dağılmış olan bir

rasgele toplumdaki n tane verisi olan değişik örnek fonksiyonlar çekilebilir. Bu örnek fonksiyonların aritmetik ortalamaları hesap edilirse birçok aritmetik ortalama ortaya çıkar ve bunlar birbirinden farklıdır. Bunların sıklık diyagramları küçük örnek fonksiyon uzunlukları için t-dağılımına, veri sayısının çok büyük olması durumunda ise normal dağılıma yaklaşır. Elde yeterli sayıda veri (30 civarında) bulunması halinde istatistik teoriler sonucunda geliştirilmiş sınamalar kullanılır. Bunlar arasında \bar{X}_1 ve \bar{X}_2 ile gösterilen ve sırası ile n_1 ve n_2 veri sayılı iki örnek fonksiyonun aritmetik ortalamalarının birbirinden anlamlı olarak farklı olup olmadıklarını anlamaya yarayan t-sınaması önemlidir. İki aritmetik ortalamanın eşit sayılıp sayılmayacağını sınaması t-dağılımı esas alınarak yapılır. İki farklı örnek fonksiyonun aritmetik ortalamalarının aynı bir normal dağılımdan geldiklerinin sınaması için t-sınaması yapılır. Bu sınama, göz önünde tutulan iki örnek fonksiyonun standart sapmalarının birbirine eşit olup olmamasına göre iki ayrı durum için yapılır.

1. Sabit standart sapmalı örnek fonksiyon durumu : Örnek fonksiyonların sapmalarının aynı olduğu durumda sınamalar sadece aritmetik ortalamalar için yapılır. İki örnek fonksiyon aritmetik değeri arasındaki fark, $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$, bunların aralarındaki farklılığı temsil etmek için yeterli değildir. Çünkü her biri içinde değişimleri gösteren standart sapmalar vardır. Boyutsuz bir sınama büyüklüğü elde etmek için bu farkların sabit standart sapma halinde iki örnek fonksiyonun ağırlıklı standart sapmasına bölünmesi ile t denilen bir sınama değeri elde edilir.

$$t = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{S \sqrt{\left(\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} \right)}} \quad (4.2)$$

ve buradan varyansı ifade eden S^2 parametresi de bilinenler cinsinden,

$$S^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 1} \quad (4.3)$$

ifadesi ile hesap edilir. Serbestlik derecesi olarak tanımlanan,

$$v = n_1 + n_2 - 2 \quad (4.4)$$

ve %5 veya %10 gibi anlam seviyesi ile standart t-dağılım çizelgesine gidilerek bu değerlere karşı gelen sınır değer, t_{sn} bulunur. Böylece, $t \leq t_{sn}$ olması durumunda iki aritmetik ortalamanın istatistik anlamda birbirine eşit kabul edilebileceklerinden tek türlüğe karar verilir.

2. Farklı standart sapma ve farklı veri sayılı örnek fonksiyonlar durumu : Bu durumda t-sınama değerinin bulunması için,

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n} + \frac{S_2^2}{m}}} \quad (4.5)$$

sınama büyüklüğü kullanılır. Bunun serbestlik derecesi,

$$\left(\frac{S_1^2}{n} + \frac{S_2^2}{m} \right) / \left[\frac{(S_1^2/n)^2}{n-1} + \frac{(S_2^2/m)^2}{m-1} \right] \quad (4.6)$$

değeri ile verilir. Tablo 4.2' nin kullanılması ile öncekilere benzer adımlarla sınama yapılır.

Denklem (4.3)' de n_1 ve n_2 örnek fonksiyonlardaki veri sayılarını, S_1 ve S_2 ise bunların standart sapmalarını gösterir. Standart sapmaların ve veri sayılarının eşit olması durumunda Denklem (4.5) Denklem (4.2)' e eşit olur. Sınanacak örnek fonksiyonların durumları tespit edildikten sonra hesaplanan t değerleri serbestlik derecesi ve anlam seviyesine göre Tablo 4.2' den alınan t_{sn} değeri ile kıyaslanarak sınama yapılır. Burada esas sınama örnek fonksiyonların aynı toplumdaki geldiği varsayımdır. Karşıt varsayım ise bunun aksidir. Eğer $t < t_{sn}$ ise esas varsayım kabul edilir [50].

Tablo 4.2. T-dağılımı değerleri [50]

Serbestlik Derecesi, v	Anlam Seviyesi, α (%)					
	10	5	2.5	1	0.5	0.1
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	318.310
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.215
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.713
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.773
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.854	3.552
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232
120	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.160
∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090

BÖLÜM 5. BULGULAR

Mudurnu Dere Sistemi üzerinde belirlenen 5 örnekleme noktasından Kasım 2006 – Nisan 2007 arasında her ay su ve bentik makroinvertebrat örnekleri alınarak inceleme yapılmıştır.

5.1. Faunal Bulgular

Tablo 5.1. Kasım 2006 tarihli numunenin biyotik indekslere göre değerlendirilmesi

Nokta	Toplam Skor			Kalite Sınıfları		
	BMWP	TBI	BBI	BMWP	TBI	BBI
1	64	6	7	1B	2	2
2	67	8	8	1A	1B	2
3	55	-	7	1B	-	2
4	42	5	8	1B	2	2
5	57	5	9	1B	2	1

Tablo 5.2. Aralık 2006 tarihli numunenin biyotik indekslere göre değerlendirilmesi

Nokta	Toplam Skor			Kalite Sınıfları		
	BMWP	TBI	BBI	BMWP	TBI	BBI
1	69	6	6	1A	2	3
2	59	-	5	1B	-	3
3	59	9	5	1B	1B	3
4	42	8	9	1B	1B	1
5	38	6	6	2	2	3

Tablo 5.3. Ocak 2007 tarihli numunenin biyotik indekslere göre değerlendirilmesi

Nokta	Toplam Skor			Kalite Sınıfları		
	BMWP	TBI	BBI	BMWP	TBI	BBI
1	89	10	10	1A	1A	1
2	103	10	10	1A	1A	1
3	94	10	10	1A	1A	1
4	57	6	6	1B	2	3
5	50	7	7	1B	2	2

Tablo 5.4. Şubat 2007 tarihli numunenin biyotik indekslere göre değerlendirilmesi

Nokta	Toplam Skor			Kalite Sınıfları		
	BMWP	TBI	BBI	BMWP	TBI	BBI
1	132	10	10	1A	1A	1
2	103	9	10	1A	1B	1
3	89	9	10	1A	1B	1
4	88	9	9	1A	1B	1
5	109	8	9	1A	1B	1

Tablo 5.5. Mart 2007 tarihli numunenin biyotik indekslere göre değerlendirilmesi

Nokta	Toplam Skor			Kalite Sınıfları		
	BMWP	TBI	BBI	BMWP	TBI	BBI
1	144	7	10	1A	2	1
2	98	7	9	1A	2	1
3	104	6	10	1A	2	1
4	84	6	10	1A	2	1
5	115	7	8	1A	2	2

Tablo 5.6. Nisan 2007 tarihli numunenin biyotik indekslere göre değerlendirilmesi

Nokta	Toplam Skor			Kalite Sınıfları		
	BMWP	TBI	BBI	BMWP	TBI	BBI
1	120	7	9	1A	2	1
2	115	7	10	1A	2	1
3	101	-	10	1A	-	1
4	129	8	10	1A	1B	1
5	98	9	5	1A	1B	3

Tablo 5.7. 6 aylık ortalama değerlerin indekslere göre değerlendirilmesi

Noktalar	6 Aylık Ortalama Değerler					
	Toplam Skor			Kalite Sınıfları		
	BMWP Ort.	TBI Ort.	BBI Ort.	BMWP Ort.	TBI Ort.	BBI Ort.
1	103	8	9	1A	1B	1
2	91	7	9	1A	2	1
3	84	6	9	1A	2	1
4	74	7	9	1A	2	1
5	78	7	7	1A	2	2

Kasım 2006' da, BMWP biyotik skor değerleri Tablo 5.1' de görüldüğü gibi en düşük 4. noktada 42 ve en yüksek 2. noktada 67 olarak bulunmuştur. TBI biyotik skor değerleri en düşük 4. ve 5. noktalarda 5 olarak, en yüksek 2. noktada 8 olarak belirlenmiştir. BBI biyotik skor değerleri ise en düşük 1. ve 3. noktalarda 7, en yüksek 5. noktada 9 olarak bulunmuştur (Tablo 5.1).

Aralık 2006' da, BMWP biyotik skor değerleri Tablo 5.2' de görüldüğü gibi en düşük 4. noktada 89 ve en yüksek 1. noktada 69 olarak bulunmuştur. TBI biyotik skor değerleri en düşük 1. ve 5. noktalarda 6 olarak, en yüksek 3. noktada 9 olarak belirlenmiştir. BBI biyotik skor değerleri ise en düşük 2. ve 3. noktalarda 5 olarak, en yüksek 4. noktada 9 olarak bulunmuştur (Tablo 5.2).

Ocak 2007' de, BMWP biyotik skor değerleri Tablo 5.3' de görüldüğü gibi en düşük 5. noktada 50 ve en yüksek 2. noktada 103 olarak bulunmuştur. TBI biyotik skor değerleri en düşük 4. noktada 6 olarak, en yüksek 1., 2. ve 3. noktalarda 10 olarak belirlenmiştir. BBI biyotik skor değerleri ise en düşük 4. noktada 6 olarak, en yüksek 1., 2. ve 3. noktalarda 10 olarak bulunmuştur (Tablo 5.3).

şubat 2007' de, BMWP biyotik skor değerleri Tablo 5.4' de görüldüğü gibi en düşük 4. noktada 88 ve en yüksek 1. noktada 132 olarak bulunmuştur. TBI biyotik skor değerleri en düşük 5. noktada 8 olarak, en yüksek 1. noktada 10 olarak belirlenmiştir. BBI biyotik skor değerleri ise en düşük 4. ve 5. noktalarda 9 olarak, en yüksek 1., 2. ve 3. noktalarda 10 olarak bulunmuştur (Tablo 5.4).

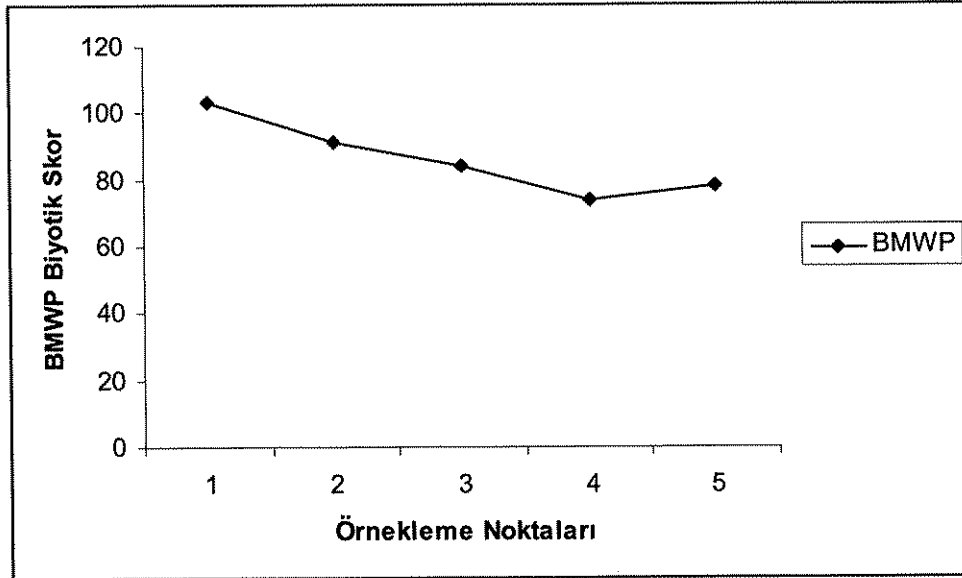
Mart 2007' de, BMWP biyotik skor değerleri Tablo 5.5' de görüldüğü gibi en düşük 4. noktada 84 ve en yüksek 1. noktada 144 olarak bulunmuştur. TBI biyotik skor değerleri en düşük 3. ve 4. noktalarda 6 olarak, en yüksek 1., 2. ve 5. noktalarda 7 olarak belirlenmiştir. BBI biyotik skor değerleri ise en düşük 5. noktada 8 olarak, en yüksek 1., 3. ve 4. noktalarda 10 olarak bulunmuştur (Tablo 5.5).

Nisan 2007' de, BMWP biyotik skor değerleri Tablo 5.6' da görüldüğü gibi en düşük 5. noktada 98 ve en yüksek 4. noktada 129 olarak bulunmuştur. TBI biyotik skor değerleri en düşük 1. ve 2. noktalarda 7 olarak, en yüksek 5. noktalarda 9 olarak belirlenmiştir. BBI biyotik skor değerleri ise en düşük 5. noktada 7 olarak, en yüksek 1., 2., 3. ve 4. noktalarda 9 olarak bulunmuştur (Tablo 5.6).

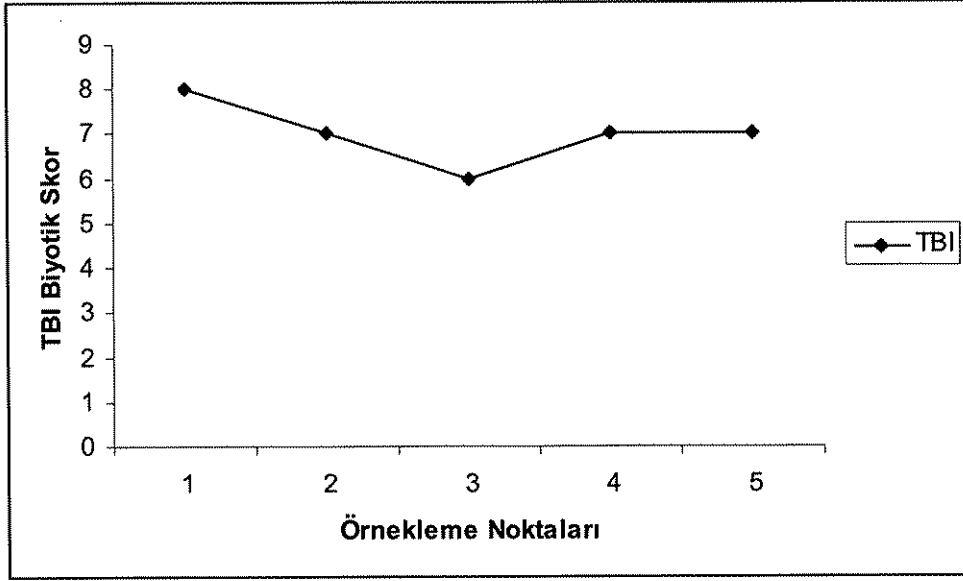
6 aylık ortalama BMWP skor değerleri, en düşük 4. noktada 74 olarak ve en yüksek 1. noktada 103 olarak bulunmuştur. Su kalitesi BMWP' nin en düşük skorundan bile etkilenmemiş olup bütün noktalar için su kalitesi 1A (Yüksek kaliteli, içme suyu temini ve diğer tüm kullanımlar için uygun olan sular) sınıfı olarak tespit edilmiştir. Yine 6 aylık ortalama TBI skor değerleri, en düşük 3. noktada 6 ve en yüksek 1. noktada 8 olarak bulunmuştur. 2., 3., 4. ve 5. noktalarda su kalite sınıfı 2 (Az kirlenmiş sular, uygun arıtmadan sonra içme suyu temini için, balıkçılık amacıyla kullanılabilen sulardır), 1. noktada ise su kalite sınıfı 1B (1A sınıfındaki kadar yüksek kalitede olmayan, tüm amaçlar için uygun sular) olarak tespit edilmiştir.

6 aylık ortalama BBI skor deęerleri, en dūřuk 5. noktada 7 ve en yūksek 1., 2., 3. ve 4. noktalarda 9 olarak bulunmuřtur. Bu durumda 1., 2., 3. ve 4. noktalarda 1. sınıf su kalitesine (Hafif kirli ya da kirli olmayan sular) rastlanırken, 5. nokta için 2. kalite su (Hafif kirli sular) yorumu yapılabilir (Tablo 5.7).

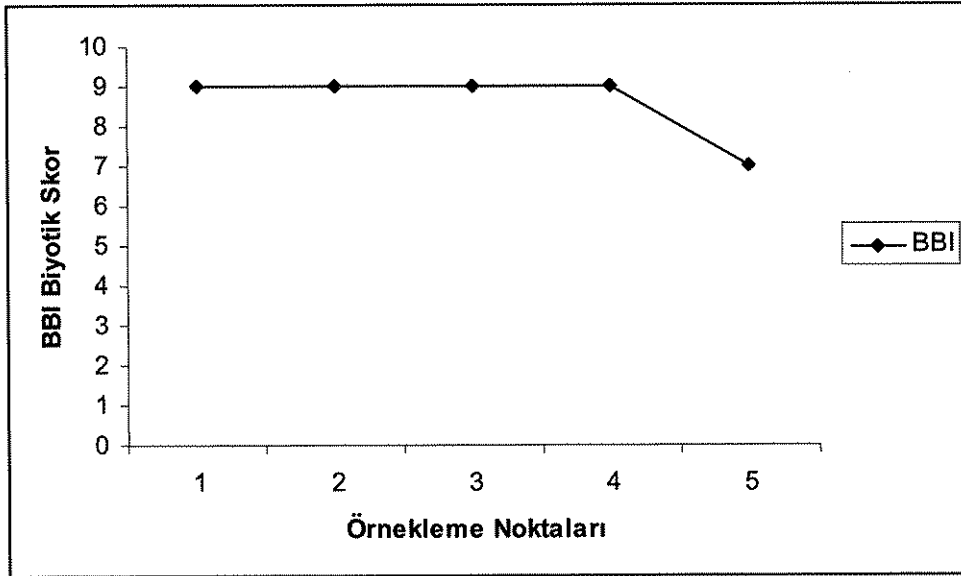
6 aylık ortalama biyotik skor değerlerine gōre TBI ve BBI için kalite yōnünden en yūksek seviyedeki numune alma noktası 1. nokta ve en dūřuk seviyedeki numune alma noktası ise 5. noktadır. Ortalama BMWP skor değerlerine gōre ise bütōn noktalar kalite yōnünden yūksektir. BMWP ve BBI kalite sınıfları arasında 1., 2., 3. ve 4. noktalar açısından tam bir uyum olduğu gōzlenmiřtir. Fakat 5. noktada az da olsa bir uyumsuzluk gōze çarpmaktadır. TBI ve BBI' da ise 5. noktada uyuma rastlanmış fakat diğer noktalarda az da olsa farklılık gōstermiřtir. Sonuç olarak BMWP ve BBI arasında belirgin bir uyum olduğu, TBI' nın ise çok fazla olmamakla birlikte bir farklılık gōsterdięi belirlenmiştir. Aradaki fark önemsenmeyecek derecede olup TBI' nın BMWP ve BBI ile uyum sağladığı sōylenebilir. Aşağıdaki şekillerde Mudurnu Deresi için hesaplanan 6 aylık ortalama biyotik indeks değerlerinin grafikleri gōr÷lmektedir.



şekil 5.1. 6 aylık ortalama BMWP biyotik skor değerleri



Şekil 5.2. 6 aylık ortalama TBI biyotik skor değerleri

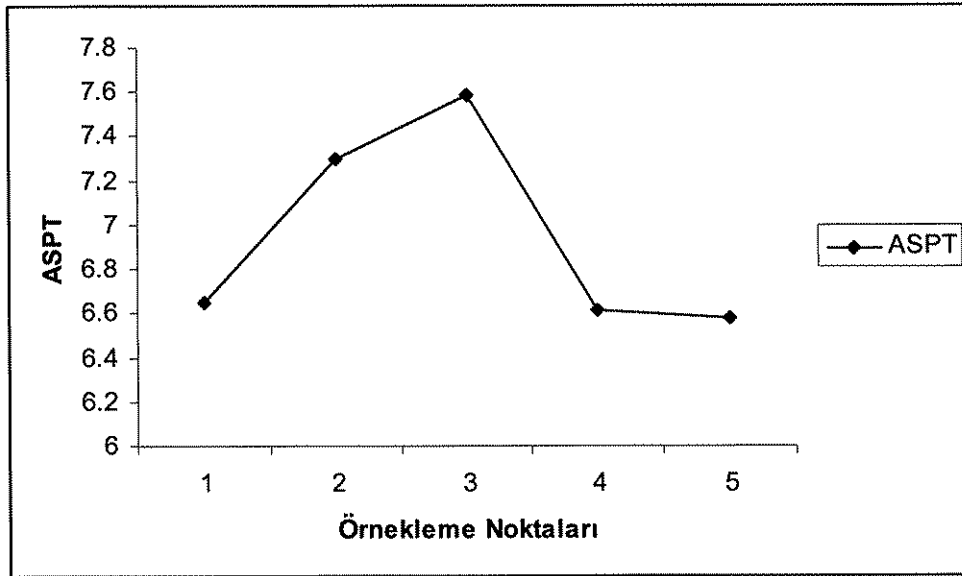


Şekil 5.3. 6 aylık ortalama BBI biyotik skor değerleri

Ayrıca ASPT, Margalef İndeksi, Simpson İndeksi ve Shannon&Weaver İndeksine göre de değerlendirmeler yapılmış, Tablo 5.8, Tablo 5.9, Tablo 5.10 ve Tablo 5.11' de verilmiştir. Bu indekslerin 6 aylık ortalama değerlerine ait grafikler de Şekil 5.4, Şekil 5.5, Şekil 5.6 ve Şekil 5.7' de görülmektedir.

Tablo 5.8. Örnekleme noktalarının ASPT (Average Score Per Taxon)' a göre değerlendirilmesi

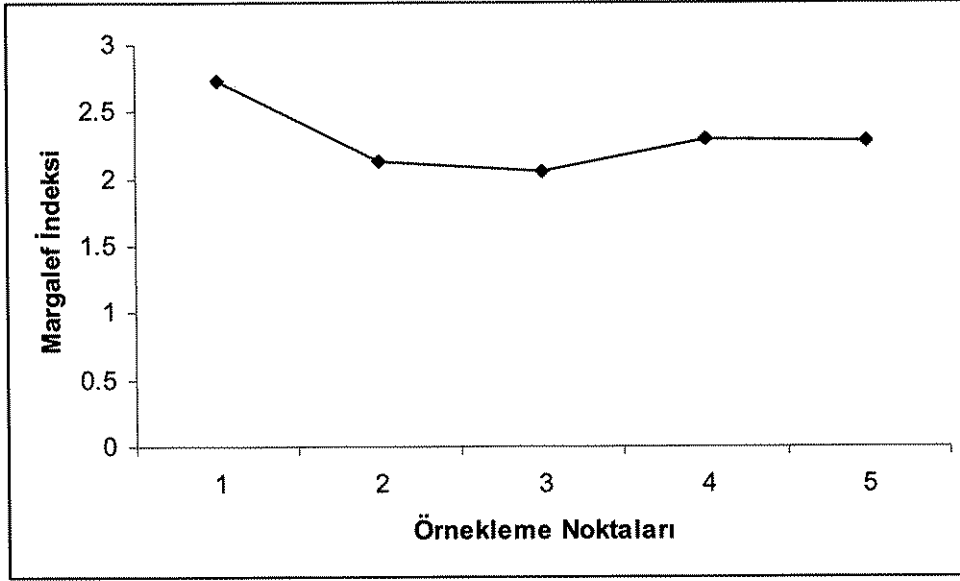
Aylar	1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta
Kasım 2006	5.82	6.09	7.86	6.00	6.33
Aralık 2006	5.75	6.56	5.90	6.00	6.33
Ocak 2007	6.36	7.92	8.55	5.18	7.14
Şubat 2007	6.29	6.87	7.42	8.00	6.81
Mart 2007	9.00	7.54	8.00	6.46	6.76
Nisan 2007	6.67	8.85	7.77	8.06	6.13
Ort.	6.65	7.30	7.58	6.61	6.58



Şekil 5.4. 6 aylık ortalama ASPT değerleri

Tablo 5.9. Örnekleme noktalarının Margalef İndeksi' ne göre değerlendirilmesi

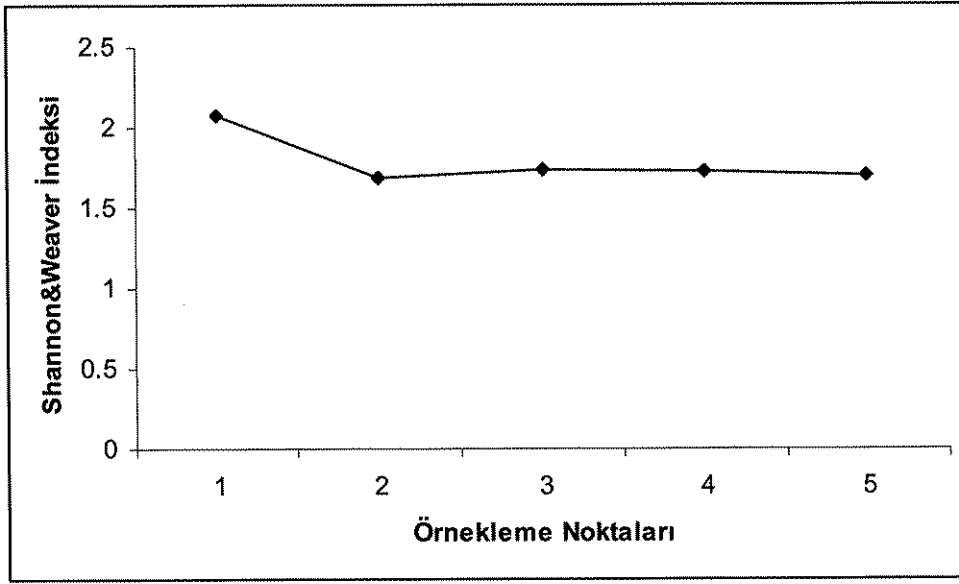
Aylar	1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta
Kasım 2006	2.38	1.68	1.45	1.92	1.81
Aralık 2006	2.32	1.60	1.85	1.85	1.94
Ocak 2007	2.48	2.62	2.41	2.26	1.91
Şubat 2007	3.49	2.39	1.86	2.18	2.65
Mart 2007	2.62	1.91	2.15	2.31	2.76
Nisan 2007	3.06	2.56	2.55	3.23	2.66
Ort.	2.73	2.13	2.05	2.29	2.28



Şekil 5.5. 6 aylık ortalama Margalef indeksi değerleri

Tablo 5.10. Örneklem noktalarının Shannon ve Weaver İndeksi' ne göre değerlendirilmesi

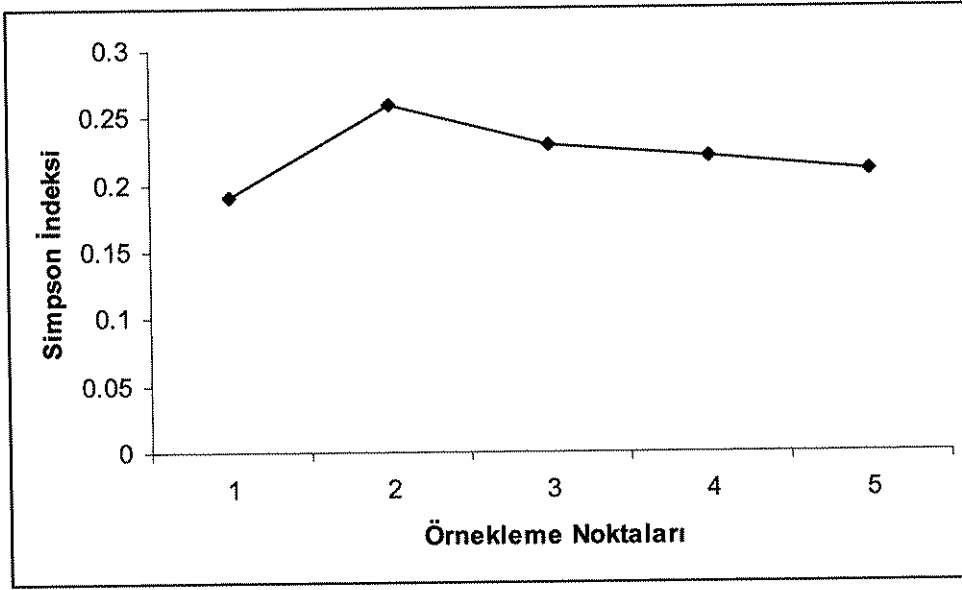
Aylar	1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta
Kasım 2006	2.00	1.39	1.41	1.55	1.48
Aralık 2006	1.74	1.49	1.64	1.57	1.73
Ocak 2007	1.99	1.73	1.65	1.74	1.65
Şubat 2007	2.77	1.66	1.51	1.51	1.38
Mart 2007	2.08	1.80	1.99	1.86	1.99
Nisan 2007	1.81	2.09	2.23	2.17	1.97
Ort.	2.07	1.69	1.74	1.73	1.70



Şekil 5.6. 6 aylık ortalama Shannon&Weaver indeksi değerleri

Tablo 5.11. Örnekleme noktalarının Simpson İndeksi' ne göre değerlendirilmesi

Aylar	1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta
Kasım 2006	0.17	0.31	0.28	0.27	0.31
Aralık 2006	0.16	0.31	0.23	0.25	0.16
Ocak 2007	0.18	0.26	0.27	0.26	0.23
Şubat 2007	0.13	0.26	0.30	0.24	0.23
Mart 2007	0.22	0.23	0.14	0.16	0.19
Nisan 2007	0.29	0.16	0.18	0.15	0.19
Ort.	0.19	0.26	0.23	0.22	0.21



Şekil 5.7. 6 aylık ortalama Simpson indeksi değerleri

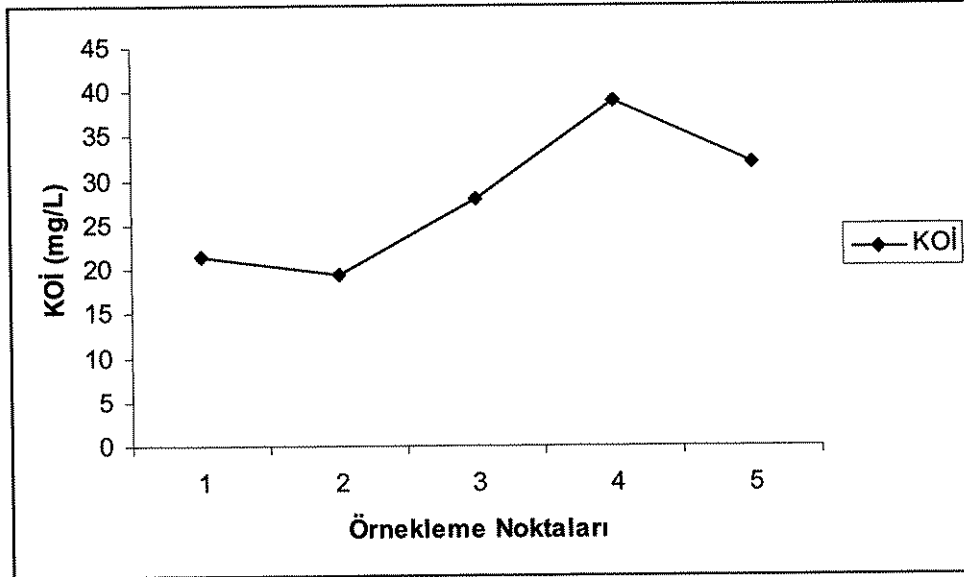
Margalef, Simpson ve Shannon&Weaver indekslerine göre 1. örnekleme noktası kalite açısından en iyi su kalitesine sahiptir. Diğer noktalardaki indeks değerleri de 1. örnekleme noktasının indeks değerlerine yakındır. Bu yüzden kalite açısından çok fazla farklılık göstermemektedir. Yine de 1. örnekleme noktasına göre düşük kalitelidir. ASPT' ye göre ise 3. örnekleme noktası kalite açısından en iyi, 4. ve 5. noktalar ise en kötü su kalitesine sahiptir. Bu sonuçlardan da görüldüğü gibi, BMWP, TBI ve BBI ile Margalef, Simpson ve Shannon&Weaver indeksleri arasında uyum vardır. ASPT' nin ise sadece düşük su kalitesine sahip 4. ve 5. noktalarda uyum gösterdiği, yüksek su kalitesine sahip nokta olan 1. örnekleme noktasında ise uyum göstermediği görülmektedir. Mudurnu Deresi' nde farklı biyotik indeksler denenmiş ve ASPT haricindeki diğer 6 indeksin en uygun indeksler olduğu saptanmıştır.

6.2. Kimyasal ve Organik Parametrelerin Analiz Sonuçları

6 ay boyunca ölçülen kimyasal ve organik parametrelerin sonuçları Tablo 5.12, Tablo 5.13, Tablo 5.14, Tablo 5.15, Tablo 5.16, Tablo 5.17 ve Tablo 5.18' de verilmiştir. Ayrıca 6 aylık ortalama değerlere ait grafikler de Şekil 5.8, Şekil 5.9, Şekil 5.10, Şekil 5.11, Şekil 5.12, Şekil 5.13 ve Şekil 5.14' de görülmektedir.

Tablo 5.12. 6 aylık KOİ sonuçları

Aylar	1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta
Kasım 2006	35.10	12.70	13.70	35.10	42.90
Aralık 2006	9.77	20.50	24.40	38.10	16.60
Ocak 2007	9.75	18.50	22.40	35.00	21.40
Şubat 2007	40.00	43.00	28.00	19.00	36.00
Mart 2007	3.90	10.70	19.37	20.00	27.12
Nisan 2007	30.06	11.02	60.12	86.17	47.09
Ort.	21.43	19.40	27.99	38.90	31.85



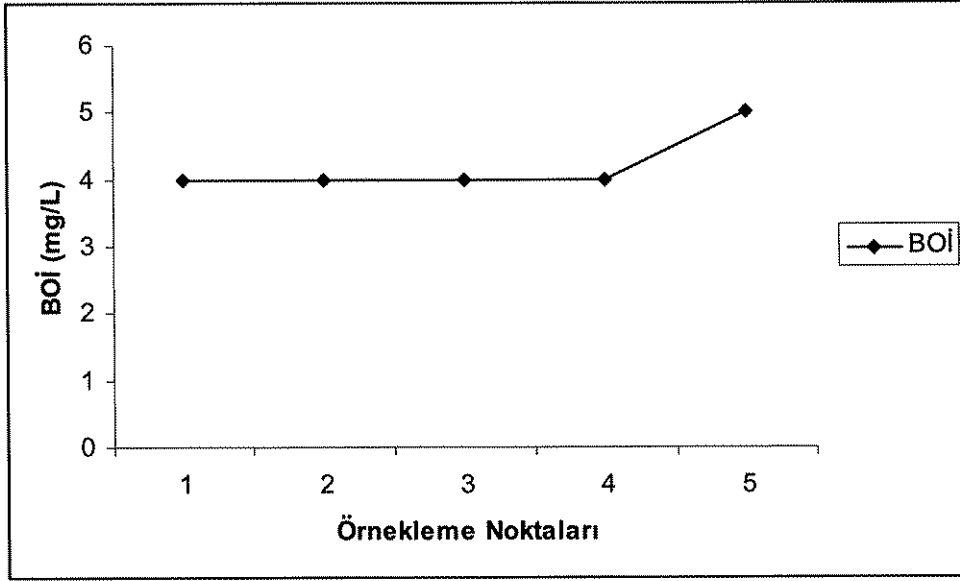
Şekil 5.8. 6 aylık ortalamalara göre KOİ değişimi

Kasım 2006' da, KOİ değerleri Tablo 5.12' de görüldüğü gibi en düşük 2. noktada 12.7 mg/L ve en yüksek 5. noktada 42.9 mg/L olarak bulunmuştur. Aralık 2006' da, KOİ değerleri en düşük 1. noktada 9.77 mg/L iken en yüksek 4. noktada 38.1 mg/L' dir. Ocak 2007' de, KOİ değerleri en düşük 1. noktada 9.75 mg/L ve en yüksek 4. noktada 35.0 mg/L olarak bulunmuştur. Şubat 2007' de, KOİ değerleri en düşük 4. noktada 19 mg/L ve en yüksek 2. noktada 43 mg/L olarak bulunmuştur. Mart 2007' de, KOİ değerleri yine Tablo 5.12' de görüldüğü gibi en düşük 1. noktada 3.9 mg/L ve en yüksek 5. noktada 27.12 mg/L olarak bulunmuştur. Nisan 2007' de ise KOİ değerleri en düşük 2. noktada 11.02 mg/L ve en yüksek 4. noktada 86.17 mg/L' dir.

Noktalardaki 6 aylık ortalama değerlerindeki değişimler ise Şekil 5.8' de görüldüğü gibidir. KOİ değerlerindeki artış endüstriyel nitelikli atıksuların deşarjının artmasından, azalma ise yağışlar ve kar erimeleri sonucunda akarsuyun debisinin artmasıyla birlikte meydana gelen seyrelmeden kaynaklanmaktadır. Özellikle yağışların fazla olduğu Mart ayında KOİ değerlerinde bir azalma göze çarpmaktadır. Kasım, Şubat ve Nisan aylarında ise KOİ değerleri diğer aylara göre artış göstermiştir. 6 aylık KOİ ortalamalarına göre, KOİ değeri en düşük 2. noktada 19.40 mg/L ve en yüksek 4. noktada 38.90 mg/L olarak bulunmuştur. Grafikte, 3. noktadan 4. noktaya geçerken bir artış göze çarpmaktadır. 4. noktada endüstriyel kirlenmenin fazla olduğu söylenebilir, bu durum 4. noktada fabrikaların çok olmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 5.13. 6 aylık BOİ sonuçları

Aylar	1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta
Kasım 2006	3	3	3	4	11
Aralık 2006	4	3	5	5	4
Ocak 2007	7	6	5	4	3
Şubat 2007	3	3	3	3	3
Mart 2007	4	3	3	2	3
Nisan 2007	3	4	3	3	3
Ort.	4	4	4	4	5

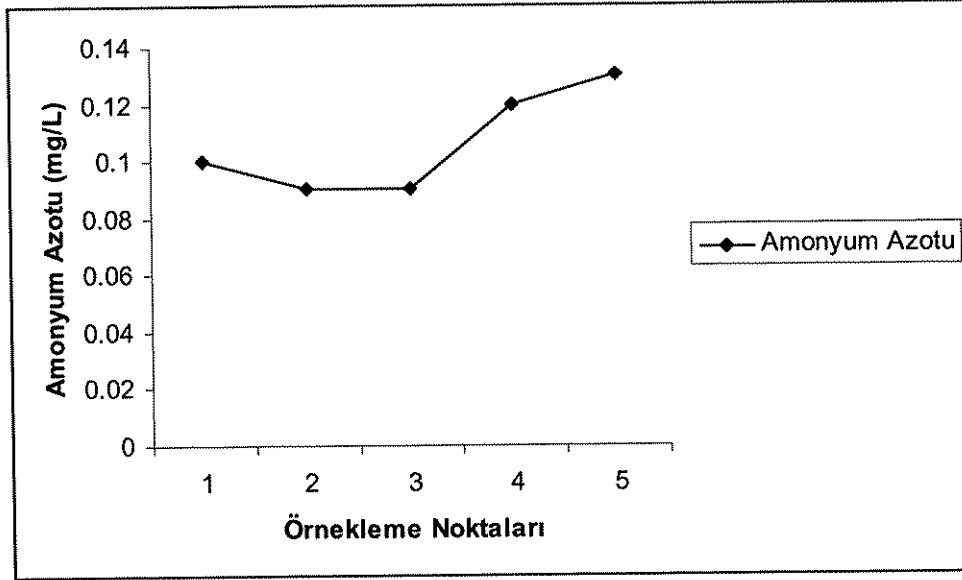


Şekil 5.9. 6 aylık ortalamalara göre BOİ değişimi

Kasım 2006' da, BOİ değerleri Tablo 5.13' de görüldüğü gibi en düşük 1., 2. ve 3. noktalarda 3 mg/L ve en yüksek 5. noktada 11 mg/L olarak bulunmuştur. Aralık 2006' da, BOİ değerleri en düşük 2. noktada 3 mg/L iken en yüksek 3. ve 4. noktalarda 5 mg/L' dir. Ocak 2007' de, BOİ değerleri en düşük 5. noktada 3 mg/L ve en yüksek 1. noktada 7 mg/L olarak bulunmuştur. Şubat 2007' de, BOİ değerleri 3 mg/L olarak bütün noktalarda aynı bulunmuştur. Mart 2007' de, BOİ değerleri yine Tablo 5.13' de görüldüğü gibi en düşük 4. noktada 2 mg/L ve en yüksek 1. noktada 4 mg/L olarak bulunmuştur. Nisan 2007' de ise BOİ değerleri en düşük 1., 3., 4. ve 5. noktalarda 3 mg/L ve en yüksek 2. noktada 4 mg/L' dir. Noktalardaki 6 aylık ortalama değerlerindeki değişimler ise Şekil 5.9' da görüldüğü gibidir. BOİ değerindeki artma evsel ve endüstriyel nitelikli atıksuların dereye deşarjının arttığını göstermektedir. BOİ' deki azalma ise akış boyunca veya yağmurların etkisiyle seyrelme, çökelme ve mikrobiyal aktivite sonucu meydana gelmektedir. BOİ' de de yağışların fazla olduğu Mart ayında bir azalma olduğu görülmektedir. 6 aylık BOİ ortalamalarına göre, BOİ değeri en düşük 1., 2., 3. ve 4. noktalarda 4 mg/L ve en yüksek 5. noktada 5 mg/L olarak bulunmuştur. 5. noktadaki bu artış evsel ve endüstriyel atıksuların deşarjıyla meydana gelmektedir. Küçücek Deresi' nin Mudurnu Deresi' ne karıştığı bölge olan bu noktadaki BOİ artışı, Küçücek Sanayi Bölgesi' nden gelen atıksulardan kaynaklanmaktadır.

Tablo 5.14. 6 aylık amonyum azotu sonuçları

Aylar	1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta
Kasım 2006	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
Aralık 2006	0.1	0.05	0.05	0.1	0.1
Ocak 2007	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Şubat 2007	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Mart 2007	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
Nisan 2007	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
Ort.	0.10	0.09	0.09	0.12	0.13



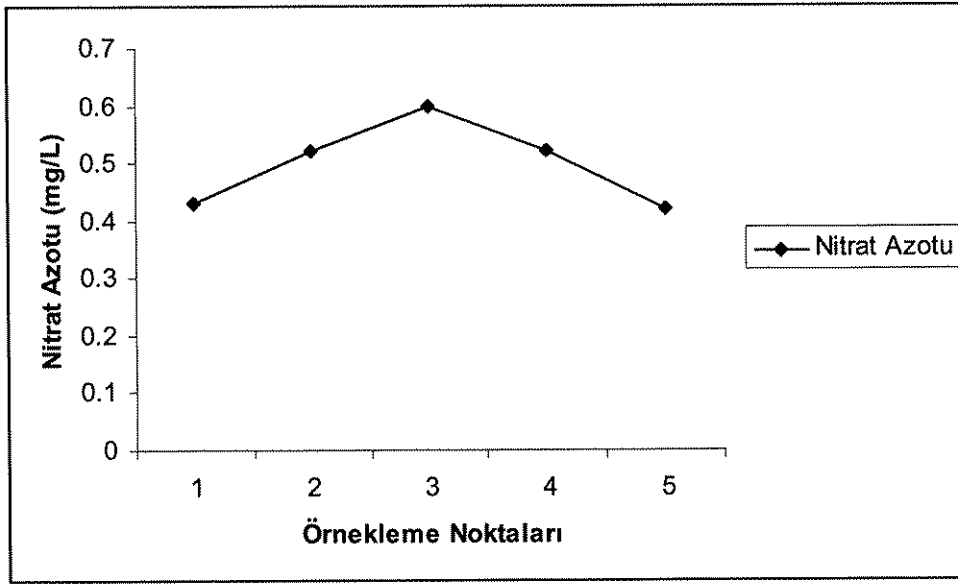
Şekil 5.10. 6 aylık ortalamalara göre amonyum azotu değişimi

Kasım 2006' da, amonyum azotu değerleri Tablo 5.14' de görüldüğü gibi en düşük 1., 2., 3. ve 5. noktalarda 0.1 mg/L ve en yüksek 4. noktada 0.2 mg/L olarak bulunmuştur. Aralık 2006' da, amonyum azotu değerleri en düşük 2. ve 3. noktalarda 0.05 mg/L iken en yüksek 1., 4. ve 5. noktalarda 0.1 mg/L' dir. Ocak 2007' de, amonyum azotu değerleri bütün noktalarda 0.1 mg/L olarak ölçülmüştür. Şubat 2007' de, amonyum azotu değerleri 0.1 mg/L olarak bütün noktalarda aynı bulunmuştur. Mart 2007' de, amonyum azotu değerleri yine Tablo 5.14' de görüldüğü gibi en düşük 1., 2., 3. ve 4. noktalarda 0.1 mg/L ve en yüksek 5. noktada

0.2 mg/L olarak bulunmuştur. Nisan 2007' de ise amonyum azotu değerleri 5. nokta hariç diğer noktalarda en düşük 0.1 mg/L ve en yüksek 5. noktada 0.2 mg/L' dir. Noktalardaki 6 aylık ortalama değerlerindeki değişimler ise Şekil 5.10' da görüldüğü gibidir. Amonyum azotunda görülen artışlar çok fazla olmamakla birlikte bu artışların evsel ve endüstriyel atıksuların deşarjından ve tarım alanlarından suya karışan azotlu bileşik miktarının fazla oluşundan, Aralık 2006' da 2. ve 3. noktalarda meydana gelen azalmaların ise seyrelmeden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca bu azalmalara, su debisinin yükselmesi sonucu seyrelmelerin meydana gelmesi ve tarım alanlarında gübre kullanımının azaltılması da neden olabilmektedir. Tablo 5.14' e bakıldığında en yüksek amonyum azotu değerinin 0.2 mg/L olduğu fakat bu durumun suyun kalitesini etkileyecek kadar büyük olmadığı görülmektedir. Amonyum azotunun yine 5. noktada fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, sanayi bölgesi atıksularının verildiği Küçücek Deresi' nin Mudurnu Deresi' ne karışmasının bu noktadaki kirlilik miktarını arttırmasıdır.

Tablo 5.15. 6 aylık nitrat azotu sonuçları

Aylar	1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta
Kasım 2006	0.2	0.2	0.3	0.9	0.4
Aralık 2006	0.6	0.8	0.8	0.6	0.4
Ocak 2007	0.4	0.5	0.7	0.3	0.2
Şubat 2007	0.4	0.3	0.4	0.3	0.2
Mart 2007	0.7	0.8	0.5	0.7	0.7
Nisan 2007	0.3	0.5	0.9	0.3	0.6
Ort.	0.43	0.52	0.60	0.52	0.42

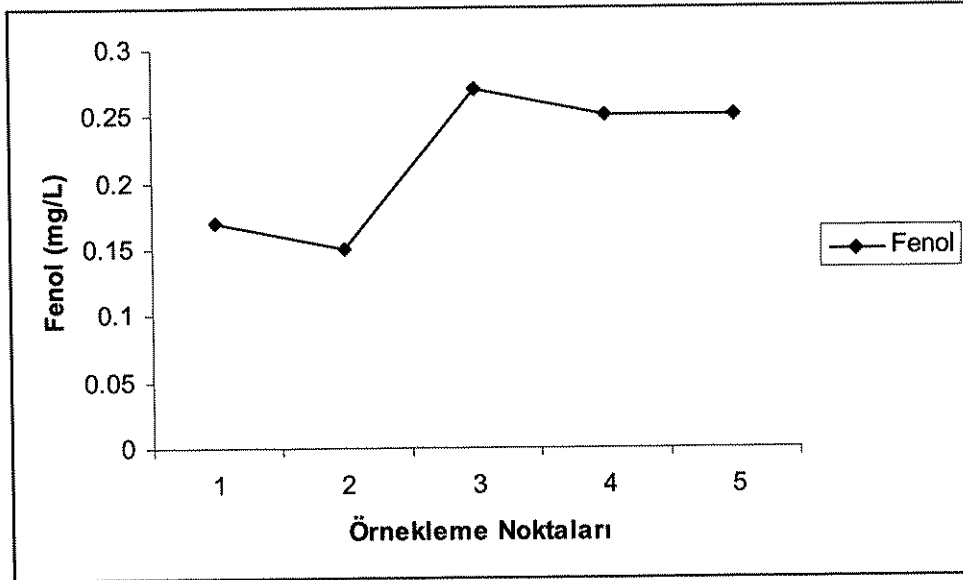


Şekil 5.11. 6 aylık ortalamalara göre nitrat azotu değişimi

Kasım 2006' da, nitrat azotu değerleri Tablo 5.15' de görüldüğü gibi en düşük 1. ve 2. noktalarda 0.2 mg/L ve en yüksek 4. noktada 0.9 mg/l olarak bulunmuştur. Aralık 2006' da, nitrat azotu değerleri en düşük 5. noktada 0.4 mg/L iken en yüksek 2. ve 3. noktalarda 0.8 mg/L' dir. Ocak 2007' de, nitrat azotu değerleri en düşük 5. noktada 0.2 mg/L ve en yüksek 3. noktada 0.7 mg/L olarak bulunmuştur. Şubat 2007' de, nitrat azotu değerleri en düşük 5. noktada 0.2 mg/L ve en yüksek 1. ve 3. noktalarda 0.4 mg/L' dir. Mart 2007' de, nitrat azotu değerleri yine Tablo 5.15' de görüldüğü gibi en düşük 3. noktada 0.5 mg/L ve en yüksek 2. noktada 0.8 mg/L olarak bulunmuştur. Nisan 2007' de ise nitrat azotu değerleri en düşük 1. ve 4. noktalarda 0.3 mg/L ve en yüksek 3. noktada 0.9 mg/L' dir. Noktalardaki 6 aylık ortalama değerlerindeki değişimler ise Şekil 5.11' de görüldüğü gibidir. Nitrat azotundaki artış dereye endüstriyel atıksuların deşarjının ve nitratlı gübre kullanımının arttığını göstermektedir. Azalma ise seyrelmenin bir sonucudur. 6 aylık ortalamalara bakıldığında en düşük nitrat azotu değeri 5. noktada 0.4 mg/L olarak, en yüksek nitrat azotu değeri ise 3. noktada 0.6 mg/L olarak bulunmuştur. 3. noktada meydana gelen bu artış, 2. noktada bulunan fabrikaların atıksularını dereye vermesi sonucu meydana gelmektedir. Böylece, endüstriyel kirlenme artmakta ve nitrat azotunda da bir artış meydana gelmektedir.

Tablo 5.16. 6 aylık fenolik madde sonuçları

Aylar	1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta
Kasım 2006	0.1	0.1	0.3	0.4	0.3
Aralık 2006	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
Ocak 2007	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
Şubat 2007	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
Mart 2007	0.3	0.2	0.4	0.3	0.6
Nisan 2007	0.3	0.2	0.4	0.2	0.1
Ort.	0.17	0.15	0.27	0.25	0.25



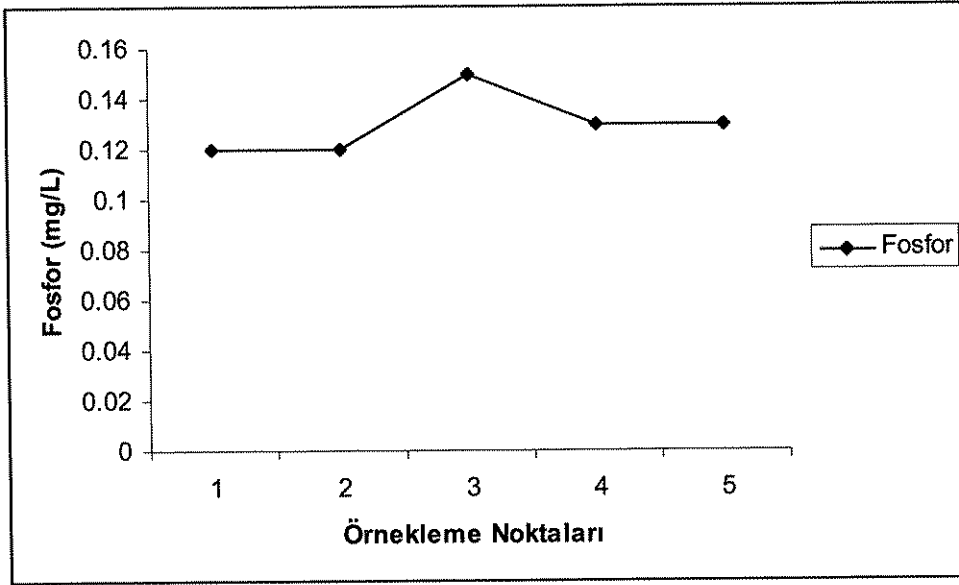
Şekil 5.12. 6 aylık ortalamalara göre fenol değişimi

Kasım 2006' da, fenol değerleri Tablo 5.16' da görüldüğü gibi en düşük 1. ve 2. noktalarda 0.1 mg/L ve en yüksek 4. noktada 0.4 mg/L olarak bulunmuştur. Aralık 2006' da, fenol değerleri en düşük 1. ve 2. noktalarda 0.1 mg/L iken diğer noktalarda 0.2 mg/L' e ulaşmıştır. Ocak 2007' de, fenol değerleri en düşük 1. noktada 0.1 mg/L, diğer noktalarda ise yine 0.2 mg/L olarak ölçülmüştür. Şubat 2007' de, fenol değerleri 4. nokta hariç diğer noktalarda 0.1 mg/L olarak en düşük ve 4. noktada 0.2 mg/L olarak en yüksek değerini vermiştir. Mart 2007' de, fenol değerleri yine Tablo 5.16' da görüldüğü gibi en düşük 2. noktada 0.2 mg/L ve en yüksek 5. noktada 0.6 mg/L olarak bulunmuştur. Nisan 2007' de ise fenol değerleri en düşük 5. noktada 0.1

mg/L ve en yüksek 3. noktada 0.4 mg/L' dir. Noktalardaki 6 aylık ortalama değerlerindeki değişimler ise Şekil 5.12' de görüldüğü gibidir. Fenol miktarındaki artış, dereye yapılan evsel ve endüstriyel kaynaklı atıksu deşarjının artması ve ya insan ve hayvan atıklarının karışması sonucu meydana gelmektedir. Azalma ise seyrelmeden ve endüstriyel atıksu deşarjının azalmasından kaynaklanmaktadır. Mart 2007' de 5. noktada en yüksek fenol değerine ulaşılırken, bu durum fenol bakımından su kalitesini 4. kaliteye düşürmektedir. Bulunan en düşük fenol seviyesi olan 0.1 mg/L ise su kalitesinin 3. kaliteye düşmesini sağlamaktadır. 6 aylık ortalamalara bakıldığında en düşük fenol değeri 2. noktada 0.15 mg/L olarak, en yüksek fenol değeri ise 3. noktada 0.27 mg/L olarak bulunmuştur. Fenolün endüstride yaygın bir kullanım alanı mevcuttur. 3. noktada meydana gelen bu artışın, 2. noktada bulunan fabrikaların atıksularını dereye vermesi sonucu meydana geldiği düşünülmektedir. Ayrıca, kanalizasyon atıklarının arıtılmadan dereye verilmesi ve köylerde evsel atıksuların sızdırmalı fosseptiklerde biriktirilerek yağışlarla birlikte dereye karışması da bu artışa neden olmaktadır.

Tablo 5.17. 6 aylık toplam fosfor sonuçları

Aylar	1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta
Kasım 2006	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Aralık 2006	0.03	0.04	0.1	0.1	0.1
Ocak 2007	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Şubat 2007	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Mart 2007	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
Nisan 2007	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2
Ort.	0.12	0.12	0.15	0.13	0.13

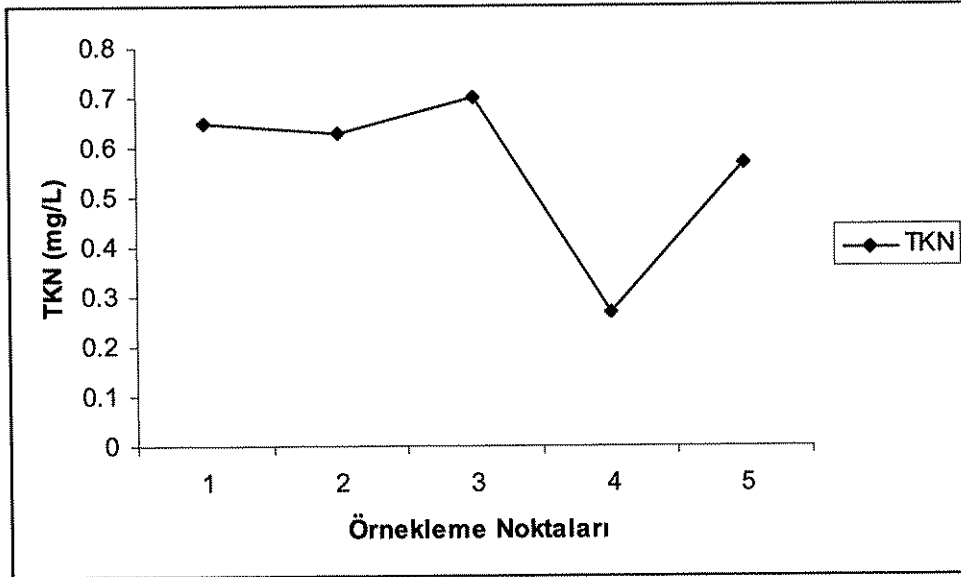


Şekil 5.13. 6 aylık ortalamalara göre fosfor değişimi

Kasım 2006' da, fosfor değerleri Tablo 5.17' de görüldüğü gibi bütün noktalarda 0.1 mg/L olarak ölçülmüştür. Aralık 2006' da, fosfor değerleri en düşük 1. noktada 0.03 mg/L iken en yüksek 3., 4. ve 5. noktalarda 0.1 mg/L olarak tespit edilmiştir. Ocak 2007' de, fosfor değerleri yine 0.1 mg/L olarak bütün noktalarda aynı değeri vermiştir. Şubat 2007' de de, fosfor değerleri bütün noktalarda 0.1 mg/L olarak ölçülmüştür. Mart 2007' de, fosfor değerleri yine Tablo 5.17' da görüldüğü gibi en düşük 3., 4. ve 5. noktalarda 0.2 mg/L ve en yüksek 1. ve 2. noktalarda 0.3 mg/L olarak bulunmuştur. Nisan 2007' de ise fosfor değerleri en düşük 1. ve 2. noktalarda 0.1 mg/L ve en yüksek 3. noktada 0.3 mg/L' dir. Noktalardaki 6 aylık ortalama değerlerindeki değişimler ise Şekil 5.13' de görüldüğü gibidir. Fosfor miktarındaki artış dereye evsel ve endüstriyel atıksuların ve tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübrelerin fazla miktarda verildiğini göstermektedir. Ayrıca deterjanlı suların dereye karışması sonucu da fosfor miktarı artmaktadır. Fosfor değerlerinin düşük çıkması ise, meydana gelen seyrelmenin bir sonucudur. 6 aylık ortalamalara bakıldığında en düşük fosfor değeri 1. ve 2. noktalarda 0.12 mg/L olarak, en yüksek fosfor değeri ise 3. noktada 0.15 mg/L olarak bulunmuştur. Burada da yine 3. noktada bir artış söz konusudur. Fosfor miktarında meydana gelen bu artışın sebebi, fabrikalardan verilen atıksulardır.

Tablo 5.18. 6 aylık TKN sonuçları

Aylar	1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta	4. Nokta	5. Nokta
Kasım 2006	0.7	0.2	0.4	0.4	0.5
Aralık 2006	0.6	0.7	0.7	0.6	0.5
Ocak 2007	0.4	0.6	0.6	0.5	0.3
Şubat 2007	0.8	0.6	0.7	0.5	0.4
Mart 2007	0.9	1	0.7	0.9	0.9
Nisan 2007	0.5	0.7	1.1	0.5	0.8
Ort.	0.65	0.63	0.70	0.27	0.57



Şekil 5.14. 6 aylık ortalamalara göre TKN değişimi

Kasım 2006' da, TKN değerleri Tablo 5.18' de görüldüğü gibi en düşük 2. noktada 0.2 mg/L ve en yüksek 1. noktada 0.7 mg/L olarak ölçülmüştür. Aralık 2006' da, TKN değerleri en düşük 5. noktada 0.5 mg/L iken en yüksek 2. ve 3. noktalarda 0.7 mg/L olarak tespit edilmiştir. Ocak 2007' de, TKN değeri en düşük 5. noktada 0.3 mg/L ve en yüksek 2. ve 3. noktalarda 0.6 mg/L olarak tespit edilmiştir. Şubat 2007' de, TKN değerlerinin en düşük 5. noktada 0.4 mg/L ve en yüksek 1. noktada 0.8 mg/L olduğu görülmüştür. Mart 2007' de, TKN değerleri yine Tablo 5.18' de görüldüğü gibi en düşük 3. noktada 0.7 mg/L ve en yüksek 2. noktada 1 mg/L olarak bulunmuştur. Nisan 2007' de ise TKN değerleri en düşük 1. ve 4. noktalarda 0.5

mg/L ve en yüksek 3. noktada 1.1 mg/L' dir. Noktalardaki 6 aylık ortalama değerlerindeki değişimler ise Şekil 5.14' de görüldüğü gibidir. Azot miktarındaki artış suya doğrudan fekal girişin olduğunun bir göstergesidir. Yani insan ve hayvan dışkılarının suya karıştığının bir habercisidir. Bu da kanalizasyon sularının arıtılmadan ve ya yetersiz arıtma yapılarak dereye verildiğini göstermektedir. Azot miktarındaki azalma ise yağışlar sonucu meydana gelen seyrelmeden ileri gelmektedir. En yüksek TKN değerine Nisan ayında 3. noktada ulaşılmış ve bu ayda fekal kirlenmenin fazla olduğu sonucuna varılmıştır. 6 aylık ortalamalara bakıldığında en düşük TKN değeri 4. noktada 0.27 mg/L olarak, en yüksek TKN değeri ise 3. noktada 0.70 mg/L olarak bulunmuştur. Yine 3. noktada bir artış olduğu görülmektedir. Bu bölgede fekal girişin fazla olduğu söylenebilir.

5.3. Biyolojik Bulgular

6 ay boyunca gözlemlenen bentik makroinvertebrat familyaları Tablo 5.19' da verilmiştir.

Tablo 5.19. 6 aylık gözlemlenen makroinvertebrat familyaları

Familyalar		
Tipulidae	Leptophlebiidae	Hydrobiidae
Baetidae	Agriidae	Helmidae
Anthomyiidae	Lymnaeidae	Erpobdellidae
Polycentropidae	Rhyacophilidae	Perlidae
Hydropsychidae	Valvatidae	Lumbriculidae
Naididae	Taeniopterygidae	Tabaridae
Simuliidae	Glossosomatidae	Perlodidae
Ecdyonuridae	Gyrinidae	Leuctridae
Nemouridae	Chironomidae	Haplotaixidae
Gammaridae	Pschomyiidae	Philopotamidae
Cordulegasteridae	Gomphidae	Lumbricidae

5.4. Su Kalitesi Sınıflarının Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi

Kasım 2006-Nisan 2007 tarihleri arasında 5 örnekleme noktasından 6 ay boyunca alınan su numunelerinden elde edilen sonuçlara göre su kalite sınıfları belirlenmiştir. Ölçülen parametrelere göre gözlem sonuçları S.K.K.Y (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği), S.K.K.Y' ye göre %90 olasılık ortalama değerleri ve AT (Avrupa Topluluğu) su kalite kriterlerine göre ayrı ayrı belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 5.20, Tablo 5.26 ve Tablo 5.27' de verilmiştir. Tablo 5.21, Tablo 5.22, Tablo 5.23, Tablo 5.24 ve Tablo 5.25' de ise hesaplanan %90 olasılık değerleri görülmektedir. Ayrıca elde edilen kalite sınıfları biyotik indekslerle de karşılaştırılıp aradaki uyum belirlenmiştir. S.K.K.Y.' ye göre; kimyasal parametreler A grubu olarak, organik parametreler ise B grubu olarak sınıflandırılmıştır.

Tablo 5.20. S.K.K.Y' ye göre 6 aylık ortalamalara ait kalite sınıfları

Numune Alma Noktaları	A Grubu			B Grubu			
	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	PO ₄ ⁻³ -P	KOİ	BOİ	Fenol	TKN
1	I	I	II	I	I	IV	II
2	I	I	II	I	I	IV	II
3	I	I	II	II	I	IV	II
4	I	I	II	II	I	IV	I
5	I	I	II	II	II	IV	II

Tablo 5.21. 1. örnekleme noktası için %90 olasılık değerleri

Aylar	Min.	Max.	Ort.	Str. Sap.	Str. Hata	% 90 Ols. Ort.	% 90 Ols. Ort. Güven Aralığı	
Parametreler								
KOİ	3.9	35.1	21.43	15.4	4.27	13.81	13.81	29.04
BOİ	3	7	4	1.54	0.42	3.23	3.23	4.76
TKN	0.4	0.9	0.65	0.18	0.06	0.53	0.53	0.76
PO ₄ ⁻³ - P	0.03	0.3	0.12	0.09	0.03	0.04	0.04	0.19
NO ₃ ⁻ - N	0.2	0.7	0.43	0.18	0.05	0.32	0.32	0.54
NH ₄ ⁺ - N	0.1	0.1	0.1	1.52	0.48	0.78	0.78	0.98
Fenol	0.1	0.3	0.16	0.10	0.03	0.10	0.10	0.22

Tablo 5.22. 2. örnekleme noktası için %90 olasılık değerleri

Aylar	Min.	Max.	Ort.	Str. Sap.	Str. Hata	% 90 Ols. Ort.	% 90 Ols. Ort. Güven Aralığı	
Parametreler								
KOİ	10.7	43	19.40	12.2	3.39	13.35	13.35	25.45
BOİ	3	6	3.66	1.21	0.33	3.06	3.06	4.26
TKN	0.2	1	0.63	0.25	0.07	0.50	0.50	0.76
PO ₄ ⁻³ - P	0.04	0.3	0.12	0.08	0.03	0.04	0.04	0.19
NO ₃ ⁻ - N	0.2	0.8	0.51	0.24	0.07	0.38	0.38	0.64
NH ₄ ⁺ - N	0.05	0.1	0.09	0.02	0.0065	0.0078	0.0078	0.03
Fenol	0.1	0.2	0.15	0.05	0.01	0.11	0.11	0.18

Tablo 5.23. 3. örnekleme noktası için %90 olasılık değerleri

Aylar	Min.	Max.	Ort.	Str. Sap.	Str. Hata	% 90 Ols. Ort.	% 90 Ols. Ort. Güven Aralığı	
Parametreler								
KOİ	13.7	60.12	27.99	16.46	4.56	19.86	19.86	36.13
BOİ	3	5	3.66	1.03	0.28	3.15	3.15	4.17
TKN	0.4	1.1	0.7	0.22	0.06	0.58	0.58	0.81
PO ₄ ⁻³ - P	0.1	0.3	0.15	0.08	0.03	0.08	0.08	0.21
NO ₃ ⁻ - N	0.3	0.9	0.6	0.23	0.016	0.47	0.47	0.72
NH ₄ ⁺ - N	0.1	0.05	0.09	0.02	0.0065	0.0078	0.0078	0.03
Fenol	0.1	0.4	0.26	0.12	0.03	0.19	0.19	0.33

Tablo 5.24. 4. örnekleme noktası için %90 olasılık değerleri

Aylar	Min.	Max.	Ort.	Str. Sap.	Str. Hata	% 90 Ols. Ort.	% 90 Ols. Ort. Güven Aralığı	
Parametreler								
KOİ	19	86.17	38.89	24.56	6.81	26.75	26.75	51.03
BOİ	2	5	3.5	1.04	0.29	2.98	2.98	4.01
TKN	0.4	0.9	0.56	0.17	0.04	0.48	0.48	0.65
PO ₄ ⁻³ - P	0.1	0.2	0.13	0.05	0.02	0.08	0.08	0.17
NO ₃ ⁻ - N	0.3	0.9	0.51	0.25	0.07	0.38	0.38	0.64
NH ₄ ⁺ - N	0.1	0.2	0.11	0.04	0.01	0.09	0.09	0.14
Fenol	0.2	0.4	0.25	0.08	0.02	0.20	0.20	0.29

Tablo 5.25. 5. örnekleme noktası için %90 olasılık değerleri

Aylar	Min.	Max.	Ort.	Str. Sap.	Str. Hata	% 90 Ols. Ort.	% 90 Ols. Ort. Güven Aralığı	
Parametreler								
KOİ	16.6	47.09	31.85	12.13	3.36	25.85	25.85	37.84
BOİ	3	11	4.5	3.20	0.89	2.91	2.91	6.08
TKN	0.3	0.9	0.56	0.23	0.064	0.45	0.45	0.68
PO ₄ ⁻³ - P	0.1	0.2	0.13	0.05	0.02	0.08	0.08	0.17
NO ₃ ⁻ - N	0.2	0.7	0.41	0.20	0.05	0.31	0.31	0.52
NH ₄ ⁺ - N	0.1	0.2	0.13	0.05	0.01	0.10	0.10	0.16
Fenol	0.1	0.6	0.25	0.18	0.05	0.14	0.14	0.35

Tablo 5.26. S.K.K.Y' ye göre %90 olasılık değerlerine ait kalite sınıfları

Numune Alma Noktaları	A Grubu			B Grubu			
	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	PO ₄ ⁻³ -P	KOİ	BOİ	Fenol	TKN
1	I	I	II	I	I	III	II
2	I	I	II	I	I	IV	I
3	I	I	II	I	I	IV	II
4	I	I	II	II	I	IV	I
5	I	I	II	II	I	IV	I

Tablo 5.27. Avrupa topluluğu su kalite kriterlerine göre 6 aylık ortalamalara ait kalite sınıfları

Noktalar	KOİ	BOİ	Fenol	NH ₄ ⁺ - N	NO ₃ ⁻ - N	PO ₄ ⁻³ - P	TKN
1	A ₃	A ₂	A ₃	A ₁	A ₁	-	A ₁
2	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₁	-	A ₁
3	A ₃	A ₂	A ₃	A ₁	A ₁	-	A ₁
4	A ₃	A ₂	A ₃	A ₁	A ₁	-	A ₁
5	A ₃	A ₂	A ₃	A ₁	A ₁	-	A ₁

5.4.1. 1 nolu örnekleme noktasının su kalitesinin değerlendirilmesi

Tablo 5.20' de görüldüğü gibi, 1. örnekleme noktası S.K.K.Y. su kalite kriterlerine göre A grubu parametreler açısından II. kalite (az kirlenmiş su) ve B grubu parametreler açısından IV. kalite (çok kirlenmiş) sudur. Genel olarak ise, 1. örnekleme noktası S.K.K.Y' ye göre IV. kalite (çok kirlenmiş) sudur diyebiliriz.

Tablo 5.26' ya bakıldığında ise %90 olasılık değerlerine göre, A grubu parametreler açısından II. sınıf, B grubu parametreler açısından ise III. sınıf su kalitesi gösterdiği görülmektedir. Tablo 5.27' de belirtilen kalite sınıflarına bakıldığında AT kriterlerine göre 1. örnekleme noktası A₃ kalite su sınıfına girmektedir. Biyotik indeks ortalama değerlerine göre ise 1. örnekleme noktası yüksek kaliteli su özelliği göstermektedir. Bu durumda, biyotik indeks kalite sınıfları ile kimyasal ve organik parametrelerin kalite sınıfları arasında uyum olmadığı sonucuna varılmıştır. Kimyasal ve organik parametrelere ait su kalite sınıfları ile biyotik indekslere ait su kalite sınıfları tek tek karşılaştırıldığında ise, S.K.K.Y.' ye göre belirlenen KOİ, BOİ, NH₄⁺-N ve NO₃⁻-N parametreleri açısından 1. örnekleme noktası I. kalite su özelliğine sahiptir ve BMWP ve BBI ile uyum göstermektedir.

5.4.2. 2 nolu örnekleme noktasının su kalitesinin değerlendirilmesi

Yine Tablo 5.20' de görüldüğü gibi, 2. örnekleme noktası S.K.K.Y. su kalite kriterlerine göre A grubu parametreler açısından II. kalite (az kirlenmiş su) ve B grubu parametreler açısından IV. kalite (çok kirlenmiş) sudur. Genel olarak ise, 3. örnekleme noktası S.K.K.Y' ye göre IV. kalite (çok kirlenmiş) sudur denilebilir. Tablo 5.26' ya bakıldığında ise %90 olasılık değerlerine göre, A grubu parametreler açısından II. sınıf, B grubu parametreler açısından ise IV. sınıf su kalitesi göstermektedir. Tablo 5.27' de belirtilen kalite sınıflarına bakıldığında AT kriterlerine göre 3. örnekleme noktası A₃ kalite su sınıfına girmektedir. Biyotik indeks ortalama değerlerine göre ise 3. örnekleme noktası az kirlenmiş su özelliği göstermektedir. Bu durumda, biyotik indeks kalite sınıfları ile kimyasal ve organik parametrelerin kalite sınıfları arasında uyum olmadığı sonucuna varılmıştır. Kimyasal ve organik parametrelere ait su kalite sınıfları ile biyotik indekslere ait su kalite sınıfları tek tek karşılaştırıldığında ise, S.K.K.Y.' ye göre belirlenen KOİ, BOİ, NH₄⁺-N ve NO₃⁻-N parametreleri açısından 2. örnekleme noktası I. kalite su özelliğine sahiptir ve BMWP ve BBI ile uyum göstermektedir. TKN ve PO₄⁻³-P parametresine göre ise 2. örnekleme noktası 2. kalite (az kirlenmiş) su özelliğine sahip olup TBI ile uyum sağlamıştır.

5.4.3. 3 nolu örnekleme noktasının su kalitesinin değerlendirilmesi

Tablo 5.20' de görüldüğü gibi, 3. örnekleme noktası S.K.K.Y. su kalite kriterlerine göre A grubu parametreler açısından II. kalite (az kirlenmiş su) ve B grubu parametreler açısından IV. kalite (çok kirlenmiş) sudur. Genel olarak ise, 3. örnekleme noktası S.K.K.Y' ye göre IV. kalite (çok kirlenmiş) sudur denilebilir. Tablo 5.26' ya bakıldığında ise %90 olasılık değerlerine göre, A grubu parametreler açısından II. sınıf, B grubu parametreler açısından ise IV. sınıf su kalitesi göstermektedir. Tablo 5.27' de belirtilen kalite sınıflarına bakıldığında AT kriterlerine göre 3. örnekleme noktası A₃ kalite su sınıfına girmektedir. Biyotik indeks ortalama değerlerine göre ise 3. örnekleme noktası az kirlenmiş su özelliği göstermektedir. Bu durumda, biyotik indeks kalite sınıfları ile kimyasal ve organik parametrelerin kalite sınıfları arasında uyum olmadığı sonucuna varılmıştır. Kimyasal ve organik parametrelere ait su kalite sınıfları ile biyotik indekslere ait su kalite sınıfları tek tek karşılaştırıldığında ise, S.K.K.Y.' ye göre belirlenen BOİ, NH₄⁺-N ve NO₃⁻-N parametreleri açısından 3. örnekleme noktası I. kalite su özelliğine sahiptir ve BMWP ve BBI ile uyum göstermektedir. TKN, PO₄⁻³-P ve KOİ parametrelerine göre ise 3. örnekleme noktası 2. kalite (az kirlenmiş) su özelliğine sahip olup TBI ile uyum sağlamıştır.

5.4.4. 4 nolu örnekleme noktasının su kalitesinin değerlendirilmesi

Tablo 5.20' de görüldüğü gibi, 4. örnekleme noktası S.K.K.Y. su kalite kriterlerine göre A grubu parametreler açısından II. kalite (az kirlenmiş su) ve B grubu parametreler açısından IV. kalite (çok kirlenmiş) sudur. Genel olarak ise, 4. örnekleme noktası S.K.K.Y' ye göre IV. kalite (çok kirlenmiş) sudur denilebilir. Tablo 5.26' ya bakıldığında ise %90 olasılık değerlerine göre, A grubu parametreler açısından II. sınıf, B grubu parametreler açısından ise IV. sınıf su kalitesi göstermektedir. Tablo 5.27' de belirtilen kalite sınıflarına bakıldığında AT kriterlerine göre 4. örnekleme noktası A₃ kalite su sınıfına girmektedir. Biyotik indeks ortalama değerlerine göre ise 4. örnekleme noktası az kirlenmiş su özelliği göstermektedir. Bu durumda, biyotik indeks kalite sınıfları ile kimyasal ve organik parametrelerin kalite sınıfları arasında uyum olmadığı sonucuna varılmıştır.

Kimyasal ve organik parametrelere ait su kalite sınıfları ile biyotik indekslere ait su kalite sınıfları tek tek karşılaştırıldığında ise, S.K.K.Y.' ye göre belirlenen BOİ, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ve TKN parametreleri açısından 4. örnekleme noktası I. kalite su özelliğine sahiptir ve BMWP ve BBI ile uyum göstermektedir. KOİ ve $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ parametresine göre ise 4. örnekleme noktası 2. kalite (az kirlenmiş) su özelliğine sahip olup TBI ile uyum sağlamıştır.

5.4.5. 5 nolu örnekleme noktasının su kalitesinin değerlendirilmesi

Tablo 5.20' de görüldüğü gibi, 5. örnekleme noktası S.K.K.Y. su kalite kriterlerine göre A grubu parametreler açısından II. kalite (az kirlenmiş su) ve B grubu parametreler açısından IV. kalite (çok kirlenmiş) sudur. Genel olarak ise, 5. örnekleme noktası S.K.K.Y' ye göre IV. kalite (çok kirlenmiş) sudur denilebilir. Tablo 5.26' ya bakıldığında ise %90 olasılık değerlerine göre, A grubu parametreler açısından II. sınıf, B grubu parametreler açısından ise IV. sınıf su kalitesi göstermektedir. Tablo 5.27' de belirtilen kalite sınıflarına bakıldığında AT kriterlerine göre 5. örnekleme noktası A₃ kalite su sınıfına girmektedir. Biyotik indeks ortalama değerlerine göre ise 5. örnekleme noktası az kirlenmiş su özelliği göstermektedir. Bu durumda, biyotik indeks kalite sınıfları ile kimyasal ve organik parametrelerin kalite sınıfları arasında uyum olmadığı sonucuna varılmıştır. Kimyasal ve organik parametrelere ait su kalite sınıfları ile biyotik indekslere ait su kalite sınıfları tek tek karşılaştırıldığında ise, S.K.K.Y.' ye göre belirlenen $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ve $\text{NO}_3^-\text{-N}$ parametreleri açısından 5. örnekleme noktası I. kalite su özelliğine sahiptir ve BMWP ile uyum göstermektedir. KOİ, BOİ, $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ ve TKN parametrelerine göre ise 5. örnekleme noktası 2. kalite (az kirlenmiş) su özelliğine sahip olup TBI ve BBI ile uyum sağlamıştır.

5.4.6. Kalite sınıflarının genel olarak değerlendirilmesi

Sonuç olarak, 6 aylık ortalamalara göre belirlenen biyotik indeks kalite sınıfları ile ölçülen kimyasal ve organik parametrelerin kalite sınıfları karşılaştırıldığında hiçbir noktada uyum olmadığı saptanmıştır. Fakat, S.K.K.Y. su kalite kriterlerine göre, KOİ, BOİ, TKN, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ve $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ parametrelerinin su kalite sınıfları ayrı

ayrı BMWP, TBI ve BBI kalite sınıfları karşılaştırıldığında aralarında büyük bir uyum olduğu belirlenmiştir. Fenol parametresine ait kalite sınıfı ise hiçbir biyotik indeks kalite sınıfıyla uyum göstermemiştir. Mudurnu deresi için BMWP, BBI ve TBI indekslerinin üçü de uyumludur. Kirlilik azaldıkça BMWP ve BBI' nin, kirlilik artıkça ise TBI' nin daha iyi uyum gösterdiği tespit edilmiştir.

5.5. İstatistiksel Analiz Sonuçları

Tablo 5.28 ve Tablo 5.29' daki veriler kullanılarak, SPSS 13.0 Paket Programı yardımıyla t-testi uygulaması yapılmıştır. 0.05 (%5) anlam seviyesi sınır değerdir ve bu değer altındaki değerlerin anlamlı olduğu, bu değer üstündeki değerlerin ise anlamsız olduğu sonucuna varılmıştır. Bu yöntem sayesinde, ölçülen 7 tane kimyasal ve organik parametre ile bentik makroinvertebrat familyaları arasındaki ilişki tespit edilmiştir. Sonuçlar ise Tablo 5.30' a göre değerlendirilmiştir.

Tablo 5.30' a bakıldığında; Tipulidae, Polycentropidae, Nemouridae, Leptophlebiidae, Agriidae, Lumbricidae, Philopotamidae ve Gyrinidae familyalarının BOI ile ilişkili olduğu görülmektedir. BOI' deki değişim bu familyalar tarafından açıklanabilmekte ve çok yüksek BOI değerlerine karşı tolerans gösterememektedirler. Diğer familyaların ise yüksek BOI değerlerine karşı daha fazla tolerans gösterdikleri söylenebilir. Fenol değerindeki değişimi ise sadece Leptophlebiidae familyasının açıkladığı saptanmıştır. Bu familyadaki türler fenol miktarındaki aşırı artmalara karşı hassastır ve aşırı artışlar bu familyadaki türlerin ortadan kalkmasına neden olur. Azot miktarıyla ilişkili olan familyalar ise, Polycentropidae, Gammaridae, Glossosomatidae, Leptophlebiidae, Rhyacophilidae, Philopotamidae ve Gyrinidae' dir. Azot miktarındaki değişimleri bu familyalar en iyi şekilde açıklamakla birlikte, yüksek azot değerlerinde düşük toleransa sahiplerdir. Amonyum azotundaki değişimin etkilediği familya grubu ise Helmidae ve Erpobdellidae' dir. Bu iki familya, yüksek amonyum azotuna miktarına karşı tolerans gösteremezken, diğer familyalar amonyum azotundaki değişimden etkilenmemektedir. Nitrat azotu miktarındaki değişim en çok, Nemouridae, Psychomyiidae, Lymnaeidae, Perlodidae ve Chironomidae familyalarını etkilemektedir. Bu parametre değerindeki artış bu familyaya ait türlerin toleransını

düşürmekte ve onların ortadan kalkmasına neden olmaktadır. Fosfor miktarının fazla olması, Polycentropidae, Ecdyonuridae, Gammaridae, Psychomyiidae, Leptophlebiidae, Lymnaeidae, Rhyacophilidae, Philopotamidae, Gyrinidae ve Cordulegasteridae familyalarını olumsuz etkilemektedir. Fosfor miktarındaki değişim en iyi bu familyalar tarafından açıklanmakta, yüksek fosfor değerlerinde bu familyaya ait türlerin varlığı tehlikeye girmektedir. KOİ ile bentik makroinvertebrat familyaları arasında bir ilişki bulunamamıştır. Fakat, bazı familyaların BOİ ile ilişkisi vardır ve KOİ ile BOİ de ilişkili olduğundan, bazı familyaların KOİ ile de ilişkisi olabileceği düşünülmektedir. Daha uzun süreli bir çalışma ile bu ilişki tespit edilebilir. Bunun yanı sıra, Baetidae ve Hydropsychidae familyaları dereye bulunan baskın familyalar olup, her noktada ve her su kalitesinde yaşayabildikleri gözlenmiştir. Kimyasal ve organik parametre değerlerindeki değişimlerden etkilenmeyen bu iki familya, kirliliğe karşı da tolerans göstermektedir.

Öte yandan, kimyasal ve organik parametre değerleriyle hiç ilişkisi olmayan familyalar da vardır. Bunlar; Baetidae, Anthomyiidae, Hydropsychidae, Naididae, Simuliidae, Tabanidae, Perlidae, Gomphidae, Taeniopterygidae, Valvatidae, Leuctridae, Lumbriculidae, Haplotaxidae ve Hydrobiidae familyalarıdır. Bu familyalar, kimyasal ve organik parametre değerlerindeki değişimleri açıklayamamaktadır. Fakat bu familyaların her noktaya göre değişiklik göstermesi onların bu çalışmada ölçülen kimyasal ve organik parametrelerin dışındaki bazı parametrelerden (ağır metaller v.b) etkilenmekte olduğunu düşündürmüştür. Bunun yanı sıra, bu 14 familyaya ait türler yüksek kirliliğe karşı tolerans göstermekte ve çok kirli sularda bile varlıklarını sürdürebilmektedirler. Her tür kaliteye sahip akarsu sisteminde bu familyalara rastlamak mümkündür. Tespit edilen 14 familyadan 11 tanesinin düşük skor değerlerine sahip olması, bu familyaların kirliliğe karşı tolerans gösterebildiği ve kalitesi düşük su ortamlarında yaşadığı tezini doğrulamaktadır. Yüksek skor değerlerine sahip familyalar ise, kirliliğe karşı tolerans gösterememekte ve yüksek kirlilik değerlerinde ortadan kalkıp, su kalitesinin iyileşmesiyle birlikte yeniden ortaya çıkmaktadırlar.

Tablo 5.28. Kimyasal ve organik parametre analizlerinin toplu sonuçları

Parametreler Noktalar	KOİ	BOİ	Toplam Azot	Toplam Fosfor	Nitrat Azotu	Amonyum Azotu	Fenolik Maddeler
Kasım 1. N.	35.10	3	0.7	0.1	0.2	0.1	0.1
Aralık 1. N.	9.77	4	0.6	0.03	0.6	0.1	0.1
Ocak 1. N.	9.75	7	0.4	0.1	0.4	0.1	0.1
Şubat 1. N.	40.00	3	0.8	0.1	0.4	0.1	0.1
Mart 1. N.	3.90	4	0.9	0.3	0.7	0.1	0.3
Nisan 1. N.	30.06	3	0.5	0.1	0.3	0.1	0.3
Kasım 2. N.	12.70	3	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1
Aralık 2. N.	20.50	3	0.7	0.04	0.8	0.05	0.1
Ocak 2. N.	18.50	6	0.6	0.1	0.5	0.1	0.2
Şubat 2. N.	43.00	3	0.6	0.1	0.3	0.1	0.1
Mart 2. N.	10.70	3	1.0	0.3	0.8	0.1	0.2
Nisan 2. N.	11.02	4	0.7	0.1	0.5	0.1	0.2
Kasım 3. N.	13.70	3	0.4	0.1	0.3	0.1	0.3
Aralık 3. N.	24.40	5	0.7	0.1	0.8	0.05	0.2
Ocak 3. N.	22.40	5	0.6	0.1	0.7	0.1	0.2
Şubat 3. N.	28.00	3	0.7	0.1	0.4	0.1	0.1
Mart 3. N.	19.37	3	0.7	0.2	0.5	0.1	0.4
Nisan 3. N.	60.12	3	1.1	0.3	0.9	0.1	0.4
Kasım 4. N.	35.10	4	0.4	0.1	0.9	0.2	0.4
Aralık 4. N.	38.10	5	0.6	0.1	0.6	0.1	0.2
Ocak 4. N.	35.00	4	0.5	0.1	0.3	0.1	0.2
Şubat 4. N.	19.00	3	0.5	0.1	0.3	0.1	0.2
Mart 4. N.	20.00	2	0.9	0.2	0.7	0.1	0.3
Nisan 4. N.	86.17	3	0.5	0.2	0.3	0.1	0.2
Kasım 5. N.	42.90	11	0.5	0.1	0.4	0.1	0.3
Aralık 5. N.	16.60	4	0.5	0.1	0.4	0.1	0.2
Ocak 5. N.	21.40	3	0.3	0.1	0.2	0.1	0.2
Şubat 5. N.	36.00	3	0.4	0.1	0.2	0.1	0.1
Mart 5. N.	27.12	3	0.9	0.2	0.7	0.2	0.6
Nisan 5. N.	47.09	3	0.8	0.2	0.6	0.2	0.1

Tablo 5.30 Kimyasal ve organik parametreler ile familyalar arasındaki anlam değerleri

Parametreler Familyalar	KOI için anlam değeri	BOI için anlam değeri	Fenol için anlam değeri	TKN için anlam değeri	NO ₃ -N için anlam değeri	NH ₄ ⁺ -N için anlam değeri	PO ₄ ⁻³ -P için anlam değeri
Tipulidae	0.806	0.037	0.546	0.627	0.749	0.555	0.033
Baetidae	-	-	-	-	-	-	-
Anthomyiidae	0.344	0.628	0.656	0.233	0.581	0.818	0.422
Polycntridae	0.237	0.012	0.297	0.002	0.292	0.810	0.001
Hydropsychidae	-	-	-	-	-	-	-
Naididae	0.070	0.234	0.872	0.985	0.296	0.903	0.551
Simuliidae	0.245	0.326	0.574	0.432	0.773	0.545	0.894
Ecdyonuridae	0.605	0.235	0.601	0.006	0.854	0.650	0.001
Nemouridae	0.084	0.009	0.132	0.108	0.601	0.000	0.556
Gammaridae	0.623	0.153	0.872	0.010	0.493	0.820	0.006
Tabanidae	0.512	0.899	0.763	0.148	0.194	0.555	0.275
Pteridae	0.777	0.079	0.320	0.367	0.552	0.692	0.088
Gomphidae	0.683	0.470	0.763	0.890	0.102	0.555	0.567
Psychomyiidae	0.665	0.515	0.741	0.094	0.640	0.000	0.018
Glossomatidae	0.383	0.616	0.334	0.037	0.846	0.179	0.652
Leptophlebiidae	0.777	0.017	0.011	0.002	0.194	0.220	0.001
Agritidae	0.357	0.000	0.492	0.559	0.846	0.666	0.652
Lymnaeidae	0.227	0.555	0.844	0.856	0.780	0.024	0.516
Lumbricidae	0.840	0.023	0.168	0.073	0.712	0.691	0.068
Taeniopterygidae	0.830	0.761	0.160	0.601	0.780	0.983	0.170
Rhyacophilidae	0.620	0.155	0.363	0.020	0.194	0.275	0.033
Valvatidae	0.859	0.512	0.891	0.717	0.091	0.169	0.652
Perlotidae	0.281	0.856	0.254	0.341	0.296	0.025	0.619
Leuctridae	0.475	0.920	0.574	0.783	0.773	0.265	0.773
Chironomidae	0.830	0.343	0.160	0.874	0.780	0.024	0.516
Lumbriculidae	0.654	0.939	0.891	0.559	0.846	0.377	0.652
Haplaxiidae	0.604	0.580	0.806	0.843	0.156	0.436	0.980
Philopotamidae	0.298	0.017	0.062	0.005	0.194	0.577	0.011
Gyrinidae	0.312	0.015	0.804	0.003	0.888	0.694	0.006
Cordulegasteridae	0.477	0.450	0.468	0.790	0.255	0.660	0.039
Hydrobiidae	0.768	0.512	0.891	0.912	0.846	0.361	0.652
Helmidae	0.860	0.470	0.669	0.115	0.000	0.321	0.168
Eipobdellidae	0.793	0.616	0.334	0.401	0.003	0.644	0.343

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Son yıllarda Mudurnu Deresi çevresindeki fabrika sayısındaki hızlı artış derenin sağlığını ve geleceğini tehdit etmektedir. Özellikle, fabrikalarda su kullanımının, kimyasal madde ve boya sarfiyatlarının fazla olması çevre açısından büyük tehlike arz etmektedir. Akyazı ilçesinde yaşayan halkın, geçiminin büyük kısmını hayvancılık ve tarımdan sağladığı da göz önüne alınırsa, bu faaliyetlerden kaynaklanan kirliliğin etkisinin de büyük olduğu söylenebilir. Evsel, endüstriyel ve tarımsal atıklar sonucu meydana gelen kirlilik, Mudurnu Deresi' nin en büyük problemi.

Bu çalışmada, Mudurnu Deresi' nin meydana gelen kirlilikten ne derecede etkilendiği, bu durumun su kalitesine nasıl yansıdığı ve mevcut bentik makroinvertebrat faunasını ne şekilde etkilediği araştırılmıştır. Sonuç olarak, bentik makroinvertebrat faunasının su kalitesi ile ilişkili olduğu ve kirliliğin azalması durumunda bu canlıların kısa süre içinde yeniden ortama hakim oldukları görülmüştür. Bu canlı gruplarının en önemli özelliği suyun kirlilik durumuna göre türlerin farklılık göstermesidir. Yani, akarsuyun temiz bölgelerinde temiz sularda yaşayan canlı grupları yaşarken, kirliliğin olduğu sularda yaşayan canlı grupları yaşamaktadır. Bu durum suyun kalitesini belirlemede bize avantaj sağlamaktadır. Çalışmada makroinvertebratların tercih edilmesinin nedeni; çeşitli kirlilik kaynaklarına karşı duyarlılık göstererek çok çabuk tepki vermeleri, her ortamda bolca bulunabilmeleri, toplanmaları ve sayımlarının diğer canlı topluluklarından daha kolay olması, tür düzeyindeki teşhislerinin zor olmasına karşılık aile düzeyindeki teşhislerinin tamamen doğru sonuçlar vermesi, buldukları ortama uyum sağlamaları, hareketlerinin kısıtlı olması nedeniyle yerel koşulları temsil etmede büyük başarı göstermeleri ve yaşamlarının ortamdaki değişimlerin tespit edilmesini sağlayabilecek kadar uzun olmasıdır.

Belirlenen 5 örnekleme noktasından 6 ay boyunca 30 örnekleme yapılmıştır. Bu örneklerin her birinde 7' şer adet kimyasal ve organik analiz gerçekleştirilmiş, ayrıca bentik makroinvertebrat familya ve türleri belirlenmiştir. KOİ, BOİ, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, TKN, $\text{NO}_3^- - \text{N}$, $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ ve Fenol parametrelerinin analiz sonuçları kullanılarak kıta içi su kaynaklarının kalite kriterlerine göre örnekleme noktalarının su kalite sınıfları belirlenmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda, atıksu kirlilik değerlerinin belirlenmiş sınırlarda seyrettiği tespit edilmiştir. Tüm noktalar, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ve $\text{NO}_3^- - \text{N}$ parametrelerine göre I. sınıf su kalitesinde, $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ parametresine göre ise II. sınıf su kalitesinde tespit edilirken; KOİ, BOİ, Fenol ve TKN parametrelerinin analiz sonuçlarına göre su kalitesi I. sınıf ile IV. sınıf arasında değişim göstermiştir. Sonuç olarak Mudurnu Deresi' nin, A grubu parametrelere göre az kirlenmiş su (2. sınıf), B grubu parametrelere göre ise çok kirlenmiş su (4.kalite) özelliği taşıdığı sonucuna varılmıştır. Bu kalite farkına fenol değerlerinin yüksek olmasının sebep olduğu tespit edilmiştir. B grubu parametrelerin su kalitesini iyileştirmek için fenol parametresini iyileştirmek gerekmektedir. Bunun için de, evsel ve endüstriyel kaynaklı atıksu kirliliğinin ve insan ve hayvan atıklardan meydana gelen kirliliğin önlenmesi ya da azaltılması gerekmektedir.

Biyolojik analizler sonucunda Mudurnu Deresi' nde, Tipulidae, Baetidae, Anthomyiidae, Polycentropidae, Hydropsychidae, Naididae, Simuliidae, Ecdyonuridae, Nemouridae, Gammaridae, Cordulegasteridae, Leptophlebiidae, Agriidae, Lymnaeidae, Rhyacophilidae, Valvatidae, Taeniopterygidae, Glossosomatidae, Gyrinidae, Chironomidae, Pschomyiidae, Gomphidae, Hydrobiidae, Helmidae, Erpobdellidae, Perlidae, Lumbriculidae, Tabaridae, Perlodidae, Leuctridae, Haplotaxidae, Philopotamidae ve Lumbricidae olmak üzere 33 adet bentik makroinvertebrat familyası tespit edilmiştir.

6 aylık ortalama BMWP skor değerleri, en düşük 4. noktada 74 olarak ve en yüksek 1. noktada 103 olarak bulunmuştur. Su kalitesi BMWP' nin en düşük skorundan bile etkilenmemiş olup bütün noktalar için su kalitesi 1A (Yüksek kaliteli, içme suyu temini ve diğer tüm kullanımlar için uygun olan sular) sınıfı olarak tespit edilmiştir. Yine 6 aylık ortalama TBI skor değerleri, en düşük 3. noktada 6 ve en yüksek 1. noktada 8 olarak bulunmuştur. 2., 3., 4. ve 5. noktalarda su kalite sınıfı 2 (Az

kirlenmiş sular, uygun arıtmadan sonra içme suyu temini için, balıkçılık amacıyla kullanılabilen sulardır), 1. noktada ise su kalite sınıfı 1B (1A sınıfındaki kadar yüksek kalitede olmayan, tüm amaçlar için uygun sular) olarak tespit edilmiştir. 6 aylık ortalama BBI skor değerleri, en düşük 5. noktada 7 ve en yüksek 1., 2., 3. ve 4. noktalarda 9 olarak bulunmuştur. Bu durumda 1., 2., 3. ve 4. noktalarda 1. sınıf su kalitesine (Hafif kirli ya da kirli olmayan sular) rastlanırken, 5. nokta için 2. kalite su (Hafif kirli sular) yorumu yapılabilmektedir.

6 aylık ortalama biyotik skor değerlerine göre TBI ve BBI için kalite yönünden en yüksek seviyedeki numune alma noktası 1. nokta ve en düşük seviyedeki numune alma noktası ise 5. noktadır. Ortalama BMWP skor değerlerine göre ise bütün noktalar kalite yönünden yüksektir. BMWP ve BBI kalite sınıfları arasında 1., 2., 3. ve 4. noktalar açısından tam bir uyum olduğu gözlenmiştir. Fakat 5. noktada az da olsa bir uyumsuzluk göze çarpmaktadır. TBI ve BBI' da ise 5. noktada uyuma rastlanmış fakat diğer noktalarda az da olsa farklılık göstermiştir. Sonuç olarak BMWP ve BBI arasında belirgin bir uyum olduğu, TBI' nın ise çok fazla olmamakla birlikte bir farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Aradaki fark önemsenmeyecek derecede olup TBI' nın BMWP ve BBI ile uyum sağladığı söylenebilir.

Margalef, Simpson ve Shannon&Weaver indekslerine göre 1. örnekleme noktası kalite açısından en iyi su kalitesine sahiptir. Diğer noktalardaki indeks değerleri de 1. örnekleme noktasının indeks değerlerine yakındır. Bu yüzden kalite açısından çok fazla farklılık göstermemektedir. Yine de 1. örnekleme noktasına göre düşük kalitelidir. ASPT' ye göre ise 3. örnekleme noktası kalite açısından en iyi, 4. ve 5. noktalar ise en kötü su kalitesine sahiptir. Bu sonuçlardan da görüldüğü gibi, BMWP, TBI ve BBI ile Margalef, Simpson ve Shannon&Weaver indeksleri arasında uyum vardır. ASPT' nin ise sadece düşük su kalitesine sahip 4. ve 5. noktalarda uyum gösterdiği, yüksek su kalitesine sahip nokta olan 1. örnekleme noktasında ise uyum göstermediği görülmektedir. Mudurnu Deresi' nde farklı biyotik indeksler denenmiş ve ASPT haricindeki diğer 6 indeksin en uygun indeksler olduğu saptanmıştır.

1. örnekleme noktası S.K.K.Y. su kalite kriterlerine göre A grubu parametreler açısından II. kalite (az kirlenmiş su) ve B grubu parametreler açısından IV. kalite

(çok kirlenmiş) sudur. Genel olarak ise, 1. örnekleme noktası S.K.K.Y' ye göre IV. kalite (çok kirlenmiş) sudur diyebiliriz. %90 olasılık değerlerine göre, A grubu parametreler açısından II. sınıf, B grubu parametreler açısından ise III. sınıf su kalitesi gösterdiği belirlenmiştir. AT kriterlerine göre 1. örnekleme noktası A₃ kalite su sınıfına girmektedir. Biyotik indeks ortalama değerlerine göre ise 1. örnekleme noktası yüksek kaliteli su özelliği göstermektedir. Bu durumda, biyotik indeks kalite sınıfları ile kimyasal ve organik parametrelerin kalite sınıfları arasında uyum olmadığı sonucuna varılmıştır. Kimyasal ve organik parametrelere ait su kalite sınıfları ile biyotik indekslere ait su kalite sınıfları tek tek karşılaştırıldığında ise, S.K.K.Y.' ye göre belirlenen KOİ, BOİ, NH₄⁺-N ve NO₃⁻-N parametreleri açısından 1. örnekleme noktası I. kalite su özelliğine sahiptir ve BMWP ve BBI ile uyum göstermektedir.

2. örnekleme noktası S.K.K.Y. su kalite kriterlerine göre A grubu parametreler açısından II. kalite (az kirlenmiş su) ve B grubu parametreler açısından IV. kalite (çok kirlenmiş) sudur. Genel olarak ise, 3. örnekleme noktası S.K.K.Y' ye göre IV. kalite (çok kirlenmiş) sudur denilebilir. %90 olasılık değerlerine göre, A grubu parametreler açısından II. sınıf, B grubu parametreler açısından ise IV. sınıf su kalitesi göstermektedir. AT kriterlerine göre 3. örnekleme noktası A₃ kalite su sınıfına girmektedir. Biyotik indeks ortalama değerlerine göre ise 3. örnekleme noktası az kirlenmiş su özelliği göstermektedir. Bu durumda, biyotik indeks kalite sınıfları ile kimyasal ve organik parametrelerin kalite sınıfları arasında uyum olmadığı sonucuna varılmıştır. Kimyasal ve organik parametrelere ait su kalite sınıfları ile biyotik indekslere ait su kalite sınıfları tek tek karşılaştırıldığında ise, S.K.K.Y.' ye göre belirlenen KOİ, BOİ, NH₄⁺-N ve NO₃⁻-N parametreleri açısından 2. örnekleme noktası I. kalite su özelliğine sahiptir ve BMWP ve BBI ile uyum göstermektedir. TKN ve PO₄⁻³-P parametresine göre ise 2. örnekleme noktası 2. kalite (az kirlenmiş) su özelliğine sahip olup TBI ile uyum sağlamıştır.

3. örnekleme noktası S.K.K.Y. su kalite kriterlerine göre A grubu parametreler açısından II. kalite (az kirlenmiş su) ve B grubu parametreler açısından IV. kalite (çok kirlenmiş) sudur. Genel olarak ise, 3. örnekleme noktası S.K.K.Y' ye göre IV. kalite (çok kirlenmiş) sudur denilebilir. %90 olasılık değerlerine göre, A grubu

parametreler açısından II. sınıf, B grubu parametreler açısından ise IV. sınıf su kalitesi göstermektedir. AT kriterlerine göre 3. örnekleme noktası A₃ kalite su sınıfına girmektedir. Biyotik indeks ortalama değerlerine göre ise 3. örnekleme noktası az kirlenmiş su özelliği göstermektedir. Bu durumda, biyotik indeks kalite sınıfları ile kimyasal ve organik parametrelerin kalite sınıfları arasında uyum olmadığı sonucuna varılmıştır. Kimyasal ve organik parametrelere ait su kalite sınıfları ile biyotik indekslere ait su kalite sınıfları tek tek karşılaştırıldığında ise, S.K.K.Y.' ye göre belirlenen BOİ, NH₄⁺-N ve NO₃⁻-N parametreleri açısından 3. örnekleme noktası I. kalite su özelliğine sahiptir ve BMWP ve BBI ile uyum göstermektedir. TKN, PO₄⁻³-P ve KOİ parametrelerine göre ise 3. örnekleme noktası 2. kalite (az kirlenmiş) su özelliğine sahip olup TBI ile uyum sağlamıştır.

4. örnekleme noktası S.K.K.Y. su kalite kriterlerine göre A grubu parametreler açısından II. kalite (az kirlenmiş su) ve B grubu parametreler açısından IV. kalite (çok kirlenmiş) sudur. Genel olarak ise, 4. örnekleme noktası S.K.K.Y' ye göre IV. kalite (çok kirlenmiş) sudur denilebilir. %90 olasılık değerlerine göre, A grubu parametreler açısından II. sınıf, B grubu parametreler açısından ise IV. sınıf su kalitesi göstermektedir. AT kriterlerine göre 4. örnekleme noktası A₃ kalite su sınıfına girmektedir. Biyotik indeks ortalama değerlerine göre ise 4. örnekleme noktası az kirlenmiş su özelliği göstermektedir. Bu durumda, biyotik indeks kalite sınıfları ile kimyasal ve organik parametrelerin kalite sınıfları arasında uyum olmadığı sonucuna varılmıştır. Kimyasal ve organik parametrelere ait su kalite sınıfları ile biyotik indekslere ait su kalite sınıfları tek tek karşılaştırıldığında ise, S.K.K.Y.' ye göre belirlenen BOİ, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N ve TKN parametreleri açısından 4. örnekleme noktası I. kalite su özelliğine sahiptir ve BMWP ve BBI ile uyum göstermektedir. KOİ ve PO₄⁻³-P parametresine göre ise 4. örnekleme noktası 2. kalite (az kirlenmiş) su özelliğine sahip olup TBI ile uyum sağlamıştır.

5. örnekleme noktası S.K.K.Y. su kalite kriterlerine göre A grubu parametreler açısından II. kalite (az kirlenmiş su) ve B grubu parametreler açısından IV. kalite (çok kirlenmiş) sudur. Genel olarak ise, 5. örnekleme noktası S.K.K.Y' ye göre IV. kalite (çok kirlenmiş) sudur denilebilir. %90 olasılık değerlerine göre, A grubu parametreler açısından II. sınıf, B grubu parametreler açısından ise IV. sınıf su

kalitesi göstermektedir. AT kriterlerine göre 5. örnekleme noktası A₃ kalite su sınıfına girmektedir. Biyotik indeks ortalama değerlerine göre ise 5. örnekleme noktası az kirlenmiş su özelliği göstermektedir. Bu durumda, biyotik indeks kalite sınıfları ile kimyasal ve organik parametrelerin kalite sınıfları arasında uyum olmadığı sonucuna varılmıştır. Kimyasal ve organik parametrelere ait su kalite sınıfları ile biyotik indekslere ait su kalite sınıfları tek tek karşılaştırıldığında ise, S.K.K.Y.' ye göre belirlenen NH₄⁺-N ve NO₃⁻-N parametreleri açısından 5. örnekleme noktası I. kalite su özelliğine sahiptir ve BMWP ile uyum göstermektedir. KOİ, BOİ, PO₄⁻³-P ve TKN parametrelerine göre ise 5. örnekleme noktası 2. kalite (az kirlenmiş) su özelliğine sahip olup TBI ve BBI ile uyum sağlamıştır.

Sonuç olarak, bütün örnekleme noktalarının S.K.K.Y.' ye göre IV. kalite, AT' ye göre ise A₃ su kalitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında, biyotik indeks kalite sınıfları ile kimyasal ve organik parametre analiz sonuçlarına ait kalite sınıflarının uyum göstermediği belirlenmiştir. Fakat, S.K.K.Y. su kalite kriterlerine göre, KOİ, BOİ, TKN, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N ve PO₄⁻³-P parametrelerinin su kalite sınıfları ayrı ayrı BMWP, TBI ve BBI kalite sınıfları karşılaştırıldığında aralarında büyük bir uyum olduğu belirlenmiştir. Fenol parametresine ait kalite sınıfı ise hiçbir biyotik indeks kalite sınıfıyla uyum göstermemiştir. Mudurnu deresi için BMWP, BBI ve TBI indekslerinin üçü de uyumludur. Kirlilik azaldıkça BMWP ve BBI' nın, kirlilik artıkça ise TBI' nın daha iyi uyum gösterdiği tespit edilmiştir.

Bütün bu sonuçlar göz önüne alındığında Mudurnu Deresi' ni kirleten kaynakların büyük bir bölümünün evsel ve endüstriyel kaynaklı atıksu deşarjından kaynaklandığı görülmüştür. Bunun yanı sıra, tarım kaynaklı, orman kaynaklı ve meralardan gelen kirlilik de göz ardı edilemez. Sıcaklığın fazla olduğu ve yağışın görülmediği aylarda kimyasal ve organik parametre değerlerinde artma görülürken, bentik makroinvertebrat faunasının bu durumdan olumsuz etkilendiği ve bazı türlerin ortadan kalktığı tespit edilmiştir. Yağışların fazla olduğu aylarda ise kirlilikte meydana gelen azalmayla birlikte fiziksel ve organik parametre değerlerinde azalma olduğu ve bentik makroinvertebrat faunasının kendini yenileyerek kirlilik durumunda ortadan kalkan türlerin yeniden gerçekleştiği belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, Mudurnu Deresi' ne en fazla kirliliğin fabrika bölgelerinden girdiği bilgisine

ulaşmıştır. Özellikle, tekstil, gıda, alüminyum ve otomotiv sektörlerinin büyük ölçüde kirliliğe neden oldukları belirlenmiştir. KOI ve BOI parametre değerlerine ait kalite sınıfları I. ve II. arasında değişirken, fenol kalite sınıfının IV. sınıf olması dikkat çekmektedir. KOI ve BOI miktarlarıyla kıyaslandığında, fenoldeki bu artışın endüstriyel kaynaklı atıksu deşarjından kaynaklandığı düşünülmüştür. Çünkü, BOI açısından genellikle I. kalite su özelliğine sahip olan dere, KOI bakımından çoğu noktada II. kalite su özelliği göstermektedir. Bu durum da endüstriyel kirlenmenin fazla olduğunu düşündürmektedir. Ayrıca, Akyazı ilçe merkezinde kanalizasyonunun arıtılmadan Mudurnu Deresine' ne verilmesi, derenin kıyısında bulunan belde ve köylerin de evsel atıksularını sızdırmalı fosseptiklerde biriktirmesi ve bu atıksuların yağışlarla birlikte dereye ulaşması da fenoldeki artışın bir nedeni olarak düşünülmüştür. Fenol, doğal olarak bazı gıdaların içinde, insan ve hayvan atıklarında, bozunmuş organik materyal içinde ve vücutta metabolizma ürünü olarak oluşmaktadır. Endüstride yaygın bir kullanıma sahip olan bu madde, dezenfektan olarak ve bazı tıbbi preparatların içinde de bulunabilmektedir. Fenole, deri ve solunum yoluyla maruz kalan insanların deri, göz ve mukoz membranlarında tahrişler oluşabilir. Ağız yolu ile yüksek dozda (1 gr) fenol alınması çok ciddi toksik etkilere neden olmakla birlikte ölümcül de olabilmektedir. Fenol miktarındaki bu artışın önüne geçilmesi için, fabrikaların arıtma tesislerini verimli bir şekilde işletmeleri gerekmekte ve bu tesislerin yetkili kurumlarca sıklıkla denetlenmeleri gerekmektedir. Evsel atıksular arıtma tesisinde arıtılarak, alıcı ortam deşarj standartlarına uygun hale getirilmeli ve Mudurnu Deresi' ne bu şartlar altında verilmelidir. Kanalizasyon atıkları belirli bir sistem dahilinde bertaraf edilmeli ve dereye ondan sonra verilmelidir.

Yine kanalizasyon atıklarının arıtılmadan dereye verilmesi sonucunda fekal kirlenme meydana gelmekte ve bu durum da azot miktarının artmasına neden olmaktadır. Mudurnu Deresi' nin azot bakımından II. Kalite su özelliği göstermesinin nedeni evsel atıksularla kirlenmedir.

Akarsu özellikleri belirlenerek Mudurnu Deresi etrafına yapılacak fabrika sayısına sınırlama getirilmelidir. Ayrıca, mevcut ya da yeni yapılacak fabrikaların tam teşekküllü arıtma tesisleri kurmaları ve bu tesislerin sık sık denetlenmeleri

gerekmektedir. Yetkili kurumlar tarafından, belirli aralıklarla su numuneleri alınarak derenin kirlilik durumu takip edilmeli ve analiz sonuçlarına göre önlemler alınmalıdır. Kirliliğe neden olan fabrikalar belirlenerek en ağır cezalar uygulanmalıdır. Özellikle, su sarfiyatı, kullanılan boya ve kimyasal madde miktarına sınırlama getirilmelidir. Mümkünse kimyasal maddelerin yerine onlarla aynı işlevi gören fakat doğaya daha az zarar veren doğa dostu ürünler kullanılmalıdır.

Tarım kaynaklı kirliliğin önüne geçmek için, çiftçiler gübreleme ve sulama konusunda bilinçlendirilmeli, gübre cinsi ve miktarı yetkililer tarafından belirlenmelidir. Ayrıca zararlı böcek ve bitkilerle mücadele için kullanılan ilaçlar da belli miktarlarda kullanılmalı veya bunların yerine biyolojik yöntemlere başvurulmalıdır. Öte yandan, ekolojik ve organik tarımın teşvik edilmesi de kirliliğin büyük ölçüde önüne geçilmesini sağlar. Sentetik kimyasal tarım ilaçları, hormonlar ve mineral gübrelerin kullanımını yasaklayan bu yöntemle, toprağın derinlerine sızan fosfor ve nitratın tatlı su kaynaklarına ulaşması engellenecek ve böylece akarsu bu maddelerden etkilenmeyecektir. Mineral gübrelerin yerine, çiftlik gübresi, kanatlı gübresi, çiftlik ve sıvı atıkları, saman, torf, mantar üretim artığı, organik ev atıkları kompostu, hayvansal atıkların işlenmiş ürünleri, deniz yosunları veya yosun ürünleri, talaş, ağaç kabuğu, odun artıkları ve tabii fosfat kayaları gübre olarak kullanılabilir. Halkın büyük bölümünün tarımla uğraştığı düşünüldüğünde ekolojik ve organik tarımın teşvik edilmesinin dere sağlığı açısından ne kadar büyük önem taşıdığı ortaya çıkmaktadır. Akyazı bölgesinde daha çok azotlu gübreler kullanılmaktadır. Tarım arazilerinden kaynaklanan kirliliğin %95' ini azotlu gübreler oluşturmaktadır. Bu da deredeki amonyum azotu miktarını artırmaktadır. Ayrıca az da olsa kullanılan fosforlu ve nitratlı gübreler de deredeki fosfor ve nitrat miktarının artmasına neden olmaktadır.

Yine halkın geçim kaynaklarından biri de hayvancılıktır ve bu durum da kirliliğe neden olmaktadır. Hayvan atıkları özellikle akarsudaki fenol ve azot miktarlarının artışına neden olmaktadır. Hayvan sayısının hektar başına belirli miktarlarla sınırlandırılması ve hayvan artıklarının farklı şekillerde bertaraf edilmesi de dereye gelen fenol ve azot miktarını azaltacaktır.

Elde edilen bütün veriler, SPSS 13.0 Paket Programı yardımıyla t-testi uygulaması yapılarak istatistiksel bir sonuca bağlanmıştır. Bu yöntem sayesinde, ölçülen 7 tane kimyasal ve organik parametre ile bentik makroinvertebrat familyaları arasındaki ilişki tespit edilmiştir. Tipulidae, Polycentropidae, Nemouridae, Leptophlebiidae, Agriidae, Lumbricidae, Philopotamidae ve Gyrinidae familyalarının BOI ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. BOI' deki değişim bu familyalar tarafından açıklanabilmekte ve çok yüksek BOI değerlerine karşı tolerans gösterememektedirler. Diğer familyaların ise yüksek BOI değerlerine karşı daha fazla tolerans gösterdikleri söylenebilir. Fenol değerindeki değişimi ise sadece Leptophlebiidae familyasının açıkladığı saptanmıştır. Bu familyadaki türler fenol miktarındaki aşırı artmalara karşı hassastır ve aşırı artışlar bu familyadaki türlerin ortadan kalkmasına neden olur. Bu sonuçtan yola çıkılarak, Leptophlebiidae familyasının varlığına göre akarsuda fenol bulunup bulunmadığı konusunda yorum yapılabilir. Azot miktarıyla ilişkili olan familyalar ise, Polycentropidae, Gammaridae, Glossosomatidae, Leptophlebiidae, Rhyacophilidae, Philopotamidae ve Gyrinidae' dir. Azot miktarındaki değişimleri bu familyalar en iyi şekilde açıklamakla birlikte, yüksek azot değerlerinde düşük toleransa sahiplerdir. Amonyum azotundaki değişimin etkilediği familya grubu ise Helmidae ve Erpobdellidae' dir. Bu iki familya, yüksek amonyum azotuna miktarına karşı tolerans gösteremezken, diğer familyalar amonyum azotundaki değişimden etkilenmemektedir. Nitrat azotu miktarındaki değişim en çok, Nemouridae, Psychomyiidae, Lymnaeidae, Perlodidae ve Chironomidae familyalarını etkilemektedir. Bu parametre değerindeki artış bu familyaya ait türlerin toleransını düşürmekte ve onların ortadan kalkmasına neden olmaktadır. Fosfor miktarının fazla olması, Polycentropidae, Ecdyonuridae, Gammaridae, Psychomyiidae, Leptophlebiidae, Lymnaeidae, Rhyacophilidae, Philopotamidae, Gyrinidae ve Cordulegasteridae familyalarını olumsuz etkilemektedir. Fosfor miktarındaki değişim en iyi bu familyalar tarafından açıklanmakta, yüksek fosfor değerlerinde bu familyaya ait türlerin varlığı tehlikeye girmektedir. KOİ ile bentik makroinvertebrat familyaları arasında bir ilişki bulunamamıştır. Fakat, bazı familyaların BOİ ile ilişkisi vardır ve KOİ ile BOİ de ilişkili olduğundan, bazı familyaların KOİ ile de ilişkisi olabileceği düşünülmektedir. Daha uzun süreli bir çalışma ile bu ilişki tespit edilebilir. Öte yandan, kimyasal ve organik parametre değerleriyle hiç ilişkisi olmayan familyalar olduğu da saptanmıştır. Bunlar; Baetidae, Anthomyiidae,

Hydropsychidae, Naididae, Simuliidae, Tabanidae, Perlidae, Gomphidae, Taeniopterygidae, Valvatidae, Leuctridae, Lumbriculidae, Haplotaxidae ve Hydrobiidae familyalarıdır. Bu familyalar, kimyasal ve organik parametre değerlerindeki değişimleri açıklayamamaktadır. Bunun yanı sıra, bu 14 familyaya ait türler yüksek kirliliğe karşı tolerans göstermekte ve çok kirli sularda bile varlıklarını sürdürebilmektedirler. Her tür kaliteye sahip akarsu sisteminde bu familyalara sıkça rastlamak mümkündür. Familya skorları, bentik makroinvertebratların organik ya da kimyasal kirlilikten etkilenip etkilenmediğini göstermektedir. Düşük skora sahip familyaların kirlilikten etkilenmediği bilinmektedir. Tespit edilen 14 familyadan 11 tanesinin düşük skor değerlerine sahip olması, bu familyaların kirliliğe karşı tolerans gösterebildiği ve kalitesi düşük su ortamlarında yaşadığı tezini doğrulamaktadır. Yüksek skor değerlerine sahip familyalar ise, kirliliğe karşı tolerans gösterememekte ve yüksek kirlilik değerlerinde ortadan kalkıp, su kalitesinin iyileşmesiyle birlikte yeniden ortaya çıkmaktadırlar. Tatlı su makroinvertebratları, yaşamlarını devam ettirebilmek için sudaki çözülmüş oksijene farklı miktarlarda ihtiyaç duyarlar. Organik ve kimyasal kirlilik ise, sudaki oksijen seviyesini azaltır. Böylece, tür sayısı ve tipinde meydana gelen değişikliğin, kirlilikle doğrudan ilişkili olduğu ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışma 6 aylık bir zaman aralığını kapsamakta olup, daha uzun süreli ve daha detaylı çalışmalarla Mudurnu Deresi ile ilgili su kalite çalışmaları geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] <http://www.sakarya.gov.tr>
- [2] <http://www.sakarya.poi.tr/sakarya/ilceler/ilceler.asp>
- [3] <http://www.kenthaber.com/IlceDetay>
- [4] ŞAHİN, H., “Mudurnu Çayı’ nın Kirlilik Kaynaklarının ve Su Kalite Sınıfının Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, S.2-20-25 26, Sakarya, Ocak 2004
- [5] “Akyazı Atıksu Arıtma Tesisi Açıklama Raporu”, İller Bankası Genel Müdürlüğü Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı, S.3-14, İstanbul, Temmuz 2003
- [6] <http://www.jeomuh.hacettepe.edu.tr>
- [7] <http://www.mudurnu.gov.tr>
- [8] <http://www.dsi.gov.tr/bolge/dsi3/isletme.htm>
- [9] “Akyazı İlçesi Atıksu Arıtma Tesisi ÇED Ön Araştırma Raporu”, Teknoform Mühendislik & Müşavirlik LTD. ŞTİ., S.13-14, Ankara, Şubat 2001
- [10] YAZICI, Y., “Akyazı Belediye Başkanı İle Görüşme”, Sakarya, 2006

- [11] <http://www.epa.gov/bioindicators/html/invertebrate.html>
- [12] http://www.rhul.ac.uk/Biological_Sciences/Research//InvertebrateKey.htm
- [13] ŞENGÖRÜR, B., “Su Kalite Kontrolü Ders Notu”, S.9-59, Sakarya, 2001
- [14] <http://www.en.wikipedia.org>
- [15] <http://www.epa.gov/owow/monitoring/rbp/ch09b.html>
- [16] http://www.ceh.ac.uk/sections/re/Rivpacs_development.html
- [17] <http://www.cat.inist.fr>
- [18] http://www.bournestreampartnership.org.uk/bmwp_scoring.htm
- [19] <http://www.internat.enriron.se/index.php/documents/legal/assess/assedoc/lakedoc/bottfna.htm>
- [20] <http://www.uwsp.edu/cnr/research/gshepard/History.htm>
- [21] KAZANCI, N., GİRGIN, S., DÜGEL, M., OĞUZKURT, D., “Akarsuların Çevre Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesinde ve İzlenmesinde Biyotik İndeks Yöntemi”, Türkiye İç Suları Araştırma Dizisi:II, İmaj Yayıncılık, S.21- 29, Ankara, Haziran 1997
- [22] ÖZ, N., “Melen Nehri ve Kollarındaki Bentik Makroinvertebratlar ile Kimyasal Parametreler arasındaki İlişkinin Modellenmesi”, Doktora Tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, S.32-33-34-93-94, Sakarya, Ocak 2004
- [23] <http://www.sussex-ouse.org.uk>

- [24] “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği”, 20748 Sayılı Resmi Gazete, Ocak 1991
- [25] CHUTTER, F. M., “An Empirical Biotic Index of The Quality Water in South African Streams and Rivers”, *Wat. Res.*, Volume 6, pp. 19-30, South Africa, January 1972
- [26] ARMITAGE, P. D., MOSS, J. F., WRIGHT, J. F., FURSE, M. T., “The Performance of A New Biological Water Quality Score System Based on Macroinvertebrates Over A Wide Range of Unpolluted Running-Water Sites”, *Wat. Res.*, Volume 17, pp. 333-347, England, 1983
- [27] ANDERSEN, M. M., RIGET, F. F., SPARHOLT, H., “A Modification of The Index For Use in Denmark”, *Wat. Res.*, Volume 18, pp. 145-151, Denmark, 1984
- [28] WHITEHURST, I. T., LINDSEY, B. I., “The Impact of Organic Enrichment on The Benthic Macroinvertebrate Communities of A Lowland River”, *Wat. Res.*, Volume 24, pp. 625-630, England, May 1990
- [29] LENZ, B. N., RHEAUME, S. J., “Benthic Invertebrates of Fixed Sites in The Western Lake Michigan Drainages, Wisconsin And Michigan”, National Water-Quality Assessment Program, Water-Resources Investigations Report 95-4211-D, Middleton/Wisconsin, 2000
- [30] ORTEGA, A. S., MUÑOZ, C. Z., CANTERO, C. E. S., TERCEDOR, J. A., “Are Biological Indices BMWP And ASPT And Their Significance Regarding Water Quality Seasonally Dependent? Factors Explaining Their Variations”, *Wat. Res.*, Volume 29, pp. 285-290, Spain, January 1995
- [31] WALLEY, W. J., FONTAMA, V. N., “Neural Network Predictors of Average Score Per Taxon And Number of Families at Unpolluted River Sites in Great Britain”, *Wat. Res.*, Volume 32, pp. 613-622, England, 1998

- [32] WALLEY, W. J., HAWKES, H. A., "A Computer-Based Development of The Biological Monitoring Working Party Score System Incorporating Abundance Rating, Site Type And Indicator Value", *Wat. Res.*, Volume 31, pp. 201-210, U. K., 1997
- [33] RUSE, L. P., "Multivariate Techniques Relating Macroinvertebrate And Environmental Data From A River Catchment", *Wat. Res.*, Volume 30, pp. 3017-3024, U. K., December 1996
- [34] CAO, Y., BARK, A. W., WILLIAMS, W. P., "Analysing Benthic Macroinvertebrate Community Changes Along A Pollution Gradient: A Framework For The Development of Biotic Indices", *Wat. Res.*, Volume 31, pp. 884-892, U. K., 1997
- [35] BUTCHER, J. T., STEWART, P. M., SIMON, T. P., "A Benthic Index For Stream in The Northern Lakes And Forests Ecoregion", *Ecological Indicators*, Volume 3, pp. 181-193, USA, August 2003
- [36] RAVERA, O., "A Comparison Between Diversity, Similarity And Biotic Indices Applied to The Macroinvertebrate Community of A Small Stream: The Ravella River (Como Province, Northern Italy)", *Aquatic Ecology*, pp. 97-107, Italy, June 2001
- [37] ROSSARO, B., MARZIALI, L., CARDOSO, A. C. , SOLİMİNİ, A., FREE, G., GIACCHİNİ, R., "A Biotic Index Using Benthic Macroinvertebrates For Italian Lakes", *Ecological Indicators*, pp. 1-18, Italy, 2006
- [38] "Uluslararası Önemi Olan Sulak Alanların Biyolojik ve Ekolojik Yönden Araştırılması Projesi", T.C. Çevre Bakanlığı Çevre Koruma Genel Müdürlüğü Hassas Ekosistemler ve Korunan Alanlar Dairesi Başkanlığı, 1999

- [39] GİRĞİN, S., KAZANCI, N., “Ankara Çayı’ nda Su Kalitesinin Fiziko-Kimyasal ve Biyolojik Yöntemlerle Belirlenmesi”, Türkiye İç Suları Araştırma Dizisi:I, Özyurt Matbaası, Ankara, 1994
- [40] GİRĞİN, N., KAZANCI, N., “Ankara Çayı’ nda Taban Büyük Omurgasızları İle Kirlilik Parametreleri Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi”, Su Kalitesi Kontrolü Dergisi, S.49-63, 1997
- [41] GİRĞİN, S., “Ankara Çayı’ nda Taban Büyük Omurgasızlarının Çeşitliliklerinin Değişik İndisler Kullanılarak Araştırılması”, Doğa-Tr.J.of Zoology, 1997
- [42] “Kirmir Çayı’ nın Su Kalitesi Üzerine Bir Araştırma”, İstanbul Su ve Çevre Sempozyumu’97, Bildiri Kitabı, S.339-346, İstanbul, 1997
- [43] KAZANCI, N., GİRĞİN, S., DÜGEL, M., OĞUZKURT, D., “Akarsularda Biyotik İndeks Kullanılarak Biyolojik Çeşitlilik İncelenmesi”, İmaj Yayıncılık, Ankara, 1997
- [44] ŞENTÜRK, E., “Orhaneli, Emet ve Mustafakemalpaşa Çayları’ nın Su Kalitesinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, 2003
- [45] KIRKAĞAÇ, M., KÖKSAL, G., “Akarsularda Bentik Makroomurgasızların Su Kirliliğine Karşı Tepkilerinin Belirlenmesi: Biyotik ve Çeşitlilik İndekslerinin Kullanılması”, Türk Sucul Yaşam Dergisi – Ulusal Su Günleri, S.345-354, İzmir, 2004
- [46] QUIGLEY, M., “Invertebrates of Streams And Rivers, A Key to Identification”, DSİ 3. Bölge Müdürlüğü
- [47] SAATÇI, A. M., “ Paşaköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi İle İlgili Seminer Notları”, İstanbul, 2003

- [48] UĞURCU, H., “Paşaköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi”, Kuzu İnşaat, 2006
- [49] İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, “Çevre Kimyası – II Laboratuar Notları”, 2006
- [50] ŞEN, Z., “İstatistik Veri İşleme Yöntemleri (Hidroloji ve Meteoroloji)”, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, Ocak 2002

ÖZGEÇMİŞ

İlksen BAYRAKTAR, 11.02.1983' de İstanbul' da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Üsküdar' da tamamladı. 2001 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü' nden 2005 yılında mezun oldu. Aynı yıl Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü' nde Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Halen, Yüksek Lisans öğrenimine devam etmektedir.