

T.C. ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI

**SU ÇERÇEVE DİREKTİFİNE GÖRE BİYOLOJİK
KALİTE ELEMENTLERİ:
FİTOPLANKTON VE FİTOBENTOZ**

-UZMANLIK TEZİ-

**HAZIRLAYAN
TOLGA ÇETİN**

ANKARA – 2014

T.C. ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI

**SU ÇERÇEVE DİREKTİFİNE GÖRE BİYOLOJİK
KALİTE ELEMENTLERİ:
FİTOPLANKTON VE FİTOBENTOZ**

-UZMANLIK TEZİ-

HAZIRLAYAN

TOLGA ÇETİN

TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. NİLSUN DEMİR

ANKARA – 2014

**T.C. ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

TOLGA ÇETİN

**SU ÇERÇEVE DİREKTİFİNE GÖRE BİYOLOJİK
KALİTE ELEMENTLERİ:
FİTOPLANKTON VE FİTOBENTOZ**

TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. NİLSUN DEMİR

**BU TEZ ORMAN VE SU İŞLERİ UZMAN YÖNETMELİĞİ GEREĞİ
HAZIRLANMIŞ OLUP JÜRİMİZ TARAFINDAN UZMANLIK TEZİ
OLARAK KABUL EDİLMİŞTİR**

TEZ JÜRİSİ BAŞKANI: PROF. DR. CUMALİ KINACI

ÜYE: DR. YAKUP KARAASLAN

ÜYE: HÜSEYİN AKBAŞ

ÜYE: BİLAL DİKMEN

ÜYE: MERTKAN ERDEMLİ

ANKARA – 2014

ÖNSÖZ

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarını benden esirgemeyen tez danışmanı hocam Sayın Prof. Dr. Nilsun DEMİR'e, tezimde kullandığım literatürü Türkçe'ye çeviren ve manevi desteği ile her zaman arkamda olan sevgili eşim Leyla DURAN ÇETİN'e teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatım boyunca desteklerini benden hiçbir zaman eksik etmeyen, varlıklarından güç aldığım değerli insanlar; annem, babam ve kardeşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran, 2014

Tolga ÇETİN

İÇİNDEKİLER	Sayfa
ÖNSÖZ	ii
KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
YÖNETİCİ ÖZETİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. FİTOPLANKTON	6
2.1. Örneklemeye Noktalarının Belirlenmesi	7
2.1.1. Nehirler	7
2.1.2. Göller	8
2.1.3. Kıyı Suları	9
2.1.4. Geçiş Suları	11
2.2. Örneklemeye Sıklıkları	12
2.3. Örneklemeye Metodolojisi ve Kullanılan Ekipmanlar	14
2.3.1. Kalitatif Numune Alıcılar	14
2.3.1.1. Plankton Kepçeleri	14
2.3.1.2. Pompalar	16
2.3.2. Kantitatif Numune Alıcılar	17
2.3.2.1. Clarke-Bumpus Fitoplankton Numune Alıcısı	17
2.3.2.2. Juday Fitoplankton Kepçeleri	18
2.3.2.3. Su Numune Alma Şişesi	18
2.3.2.4. Derinlik Ayarlamalı Numune Alıcılar	19
2.4. Örneklerin Muhafaza Edilmesi	19
2.4.1. Asidik Lugol Çözeltilisi	20
2.4.2. Alkali Lugol Çözeltilisi	20
2.4.3. Formaldehit	20
2.5. Örneklerin Analizi	20
2.5.1. Fitoplankton Analizi	20
2.5.1.1. Kullanılan Ekipmanlar	21
2.5.1.2. Örneklerin Hazırlanması	23
2.5.1.3. Sayım	25
2.5.1.4. Sayım Yaparken Dikkate Alınması Gereken Hususlar	28

2.5.1.5. Fitoplankton Sayısı	30
2.5.1.6. Fitoplankton Biyokütlesi	30
2.5.2. Klorofil <i>a</i> Analizi	32
2.5.2.1. Kullanılan Ekipmanlar	32
2.5.2.2. Muhafaza	33
2.5.2.3. İşlemler	33
2.6. Örneklerin Teşhisi	34
3. FİTOBENTOZ	36
3.1. Örneklemeye Noktalarının Belirlenmesi	37
3.1.1. Nehirler	37
3.1.2. Göller	38
3.2. Örneklemeye Sıklıkları	39
3.3. Örneklemeye Metodolojisi ve Kullanılan Ekipmanlar	40
3.3.1. Kullanılan Ekipmanlar	40
3.3.2. Örneklemeye Metodolojisi	41
3.3.2.1. Hareket Edebilen Doğal Sert Yüzeyler (Nehirler ve Göller)	41
3.3.2.2. Arazide Dikey Yüzeyler Oluşturarak Örneklemeye Yöntemi (Nehirler)	43
3.3.2.3. Yapay Substrat Kullanımı (Nehirler ve Göller)	43
3.3.2.4. Su Altındaki Makrofitlerden ya da Makroalglerden Örnek Toplama (Nehirler)	44
3.3.2.5. Su üstü Makrofitlerden Örnek Toplama (Nehirler ve Göller)	45
3.4. Örneklerin Muhafaza Edilmesi	45
3.4.1. Tamponlanmış %4 (minimum) Formaldehit (HCHO) Çözeltisi	45
3.4.2. Lugol İyodu	45
3.4.3. Etanol (C ₂ H ₅ OH)	46
3.5. Örneklerin Analizi	46
3.5.1. Kullanılan Ekipmanlar	46
3.5.2. Örneklerin Hazırlanması	47
3.5.2.1. Ön Laboratuvar İşlemleri	47
3.5.2.2. Diatomların Temizlenmesi	47
3.5.2.3. Kalıcı Preparatların Hazırlanması	51
3.5.3. Sayım	52
3.5.3.1. Analiz İçin Taksonomik Kriterlerin Belirlenmesi	52
3.5.3.2. Sayım İçin Birimlerin Belirlenmesi	53
3.5.3.3. Örnek Büyüklüğünün Belirlenmesi	53
3.5.3.4. Mikroskobun Hazırlanması	53
3.5.3.5. Parçalanmış ve Teşhis Edilemeyen Diğer Diatomların İşlenmesi	54
3.5.3.6. Analitik İşlem	56
3.6. Örneklerin Teşhisi	58
4. METRİKLER/İNDEKSLER	59
4.1. Fitoplankton Metrikleri/İndeksleri	65
4.1.1. Nehirler	65
4.1.2. Göller	66
4.1.3. Kıyı ve Geçiş Suları	71
4.2. Fitobentoz Metrikleri/İndeksleri	76

4.2.1. Nehirler	76
4.2.2. Goller	81
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	85
EKLER	92
EK 4.1. Üye Devletlerin nehirlerde fitoplankton değerlendirme yöntemleri ve kullandığı indeksler	92
EK 4.2. Üye Devletlerin göllerde fitoplankton değerlendirme yöntemleri ve kullandığı indeksler	93
EK 4.3. Üye Devletlerin kıyı ve geçiş sularında fitoplankton değerlendirme yöntemleri ve kullandığı indeksler	97
EK 4.4. Üye Devletlerin nehirlerde fitobentoz değerlendirme yöntemleri ve kullandığı indeksler	102
EK 4.5. Üye Devletlerin göllerde fitobentoz değerlendirme yöntemleri ve kullandığı indeksler	105
KAYNAKÇA	106
ÖZGEÇMİŞ	127

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
APHA	: American Public Health Association/Amerikan Halk Sağlığı Birliği
CEN	: European Committee for Standardization (Avrupa Standardizasyon Komitesi)
DALES	: Diatom Assessment of Lake Ecological Status (Göl Ekolojik Durumu İçin Diatom Değerlendirme Sistemi)
EQR	: Ecological Quality Ratio/Ekolojik Kalite Oranı
GIG	: Geographical Intercalibration Group/Coğrafi İnterkalibrasyon Grubu
HELCOM	: Helsinki Commission/Helsinki Komisyonu
HEPES	: (4-(2-hydroxyethyl)-1-piperazineethanesulfonic acid)
ICM	: Intercalibration Common Metric/İnterkalibrasyon Ortak Metriği
JRC	: Joint Research Center
MASRP	: Mediterranean Assessment System for Reservoirs Phytoplankton (Rezervuarlar İçin Akdeniz Fitoplankton Değerlendirme Sistemi)
MED-GIG	: Mediterranean Geographical Intercalibration Group (Akdeniz Coğrafi İnterkalibrasyon Grubu)
MED PTI	: Mediterranean Phytoplankton Trophic Index (Akdeniz Fitoplankton Trofik İndeksi)
NITMET	: New Italian Method/Yeni İtalyan Yöntemi
NMASRP	: New Mediterranean Assessment System for Reservoirs Phytoplankton (Rezervuarlar İçin Yeni Akdeniz Fitoplankton Değerlendirme Sistemi)
OSPAR	: Protecting and Conserving the North-East Atlantic and its Resources (Kuzey Doğu Atlantik Deniz evresinin Korunması Komisyonu)
PTI	: Phytoplankton Trophic Index/Fitoplankton Trofik İndeksi
SD	: Su ereve Direktifi
STAR	: Standardisation of River Classifications (Nehir Sınıflandırmalarının Standardizasyonu)
UV	: Ultraviyole
WISER	: Water Bodies in Europe: Integrative Systems to Assess Ecological Status (Avrupadaki Su Kütleleri: Ekolojik Durumun Değerlendirilmesi İçin Bütüncül Sistemler)
Z_{eu}	: Öfotik Derinlik
Z_{epi}	: Epilimniyon Derinliği

TABLO LİSTESİ

Tablo Numarası	Adı	Sayfa
Tablo 2.1	SÇD'ye göre su kütlelerinde izlenmesi gereken fitoplankton kriterleri	6
Tablo 2.2	Gözetimsel izleme kapsamındaki kalite unsurları ve minimum izleme sıklıkları	12
Tablo 2.3	Fitoplankton numuneleri kayıt formu örneği	17
Tablo 2.4	Taksonomik literatur ve teşhis anahtarları	35
Tablo 3.1	SÇD'ye göre su kütlelerinde izlenmesi gereken fitobentoz kriterleri	37
Tablo 3.2	Gözetimsel izleme kapsamındaki kalite unsurları ve minimum izleme sıklıkları	39
Tablo 3.3	Taksonomik literatur ve teşhis anahtarları	58
Tablo 4.1	Coğrafi interkalibrasyon grupları (GIG'ler)	61
Tablo 4.2	İnterkalibrasyon çalışması yürütülen kalite unsurları ve mevcut tipolojiler	64
Tablo 4.3	Su kütleleri ve biyolojik kalite unsurlarına yönelik Avrupa'da yürütülen çalışmalar	65
Tablo 4.4	Göllerde kullanılan indeksler	68
Tablo 4.5	Akdeniz interkalibrasyon grubu göl tipolojileri	69
Tablo 4.6	Göllerde uygulanması tavsiye edilen fitoplankton indeksleri	70
Tablo 4.7	Kıyı ve geçiş sularında kullanılan indeksler	73
Tablo 4.8	Akdeniz interkalibrasyon grubu kıyı suları tipoloji kriterleri	74
Tablo 4.9	Akdeniz interkalibrasyon grubu kıyı suları alt tipolojileri	74
Tablo 4.10	Karadeniz interkalibrasyon grubu kıyı suları tipolojisi	74
Tablo 4.11	Kıyı ve geçiş sularında denemesi tavsiye edilen fitoplankton indeksleri	75
Tablo 4.12	Akdeniz interkalibrasyon grubu nehir tipolojileri	77
Tablo 4.13	Omnidia indeksleri	79
Tablo 4.14	Üye Devletlerin farklı olarak kullanmış olduğu diatom indeksleri	80

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil Numarası	Adı	Sayfa
Şekil 2.1	Dikey yönde numune almada kullanılan plankton kepçesi	15
Şekil 2.2	Su yüzeyinden numune almada kullanılan plankton kepçesi	15
Şekil 2.3	Clarke-Bumpus fitoplankton numune alıcısı	18
Şekil 2.4	Fitoplankton numunesi alma şişesi (Nansen şişesi)	19
Şekil 2.5	Uygun oküler gratikül örnekleri	22
Şekil 2.6	Tüm çemberin yatay kesitler halinde sayım metodu	26
Şekil 2.7	Çap transektleri için sayım metodu	27
Şekil 2.8	Sayım alanının köşesinde kalan hücrelerin sayım kuralı örneği	28
Şekil 2.9	Hücre boyutlarından biyohacim tahmini için bazı formüller	31

ÖZET

SU ÇERÇEVE DİREKTİFİNE GÖRE BİYOLOJİK KALİTE ELEMENTLERİ: FİTOPLANKTON VE FİTOBENTOZ

Su Çerçeve Direktifi (SÇD; 2000/60/EC) nehir havzalarında bulunan yüzey suyu ve yeraltı su kaynakları ile kıyı ve geçiş sularını yönetmek, korumak, kullanmak ve iyileştirmek için Avrupa Birliğinde yeni bir yasal çerçeve oluşturmuştur. SÇD, yüzey suları ve yeraltı sularının 2015 yılına kadar iyi ekolojik kaliteye ulaşmasını, kalitenin kötüye gidişinin önlenmesini ve sucul ekosistemlerin sürdürülebilir işleyişini sağlamak için su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini hedeflemektedir. SÇD’de yüzey sularının ekolojik durumu; “Ek 5’e göre sınıflandırılmış yüzey suları ile bağlantılı olan sucul ekosistemlerin işleyişinin ve yapısının kalite açısından ifade edilmesi” şeklinde tanımlanmaktadır (Madde 2:21). Bu ifade; “Su kütlelerinin ekolojik durum sınıflandırma sistemleri, antropojenik baskılara karşı biyolojik topluluklarda ve tüm ekosistemde ortaya çıkacak değişiklikleri yansıtmalıdır.” anlamına gelmektedir. Bu tür gereklilikler, Avrupa su politikasında görülen yeni gelişmelerdendir. Çünkü yakın zamana kadar Avrupa su politikası, emisyon limit değerlerini belirlemek suretiyle emisyonların kaynağında düzenlenmesi üzerine kurulmuştur.

SÇD’ye göre yüzey sularının ekolojik kalite durumu fitoplankton, balık, bentik flora ve fauna gibi biyolojik kalite unsurları kullanılarak değerlendirilmelidir. Dolayısıyla, insan faaliyetlerinden kaynaklanan bozulmalara karşı tahmin edilebilir değerlerde yanıt gösteren biyolojik kalite unsurlarının teşhis edilmesinin yanı sıra baskı ile indikatör arasındaki ilişkiye bağlı olan ekolojik kalitenin sınıflandırılması gerekmektedir. Şu anda Avrupa çapında, ekolojik su kalitesinin değerlendirilmesi, karşılaştırılması ve uyumlaştırılmasında kullanılabilir olan biyolojik indikatörlerin ve sınıflandırma metriklerinin geliştirilmesine ilişkin kapsamlı çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışmalar, yüzey sularının ekolojik işleyişine ilişkin yapılan araştırmalara dayanmaktadır. Ancak SÇD hala, yöneticilere bilimsel temelleri sağlam, yüksek hassasiyete sahip ve pratik biyolojik değerlendirme sistemleri sunma konusunda sucul ekolojilere zorluklar getirmektedir.

Bu çalışmada SÇD’ye göre yüzey suyu kütlelerinin biyolojik izlemesinde kalite unsuru olarak kullanılan fitoplankton ve fitobentozun örneklenmesi ve analizi için; Avrupa, Amerika ve Türk Standartları ile Avrupa Birliği Üye Devletlerinin işbirliği içinde yürütmüş oldukları büyük çaplı projelerin bilgi birikimlerinden faydalanılarak ülkemizin SÇD’nin uygulanması konusunda yararlanabileceği bir kaynak oluşturulmaya çalışılmıştır. Ayrıca fitoplankton ve fitobentoz kalite unsurlarına ait ekolojik kalite oranlarının belirlenmesi sırasında Avrupa Birliği Üye Devletlerinin kullanmış olduğu bütün metriklerinin envanteri çıkartılarak ülkemiz açısından uygulanabilirliği tartışılmıştır.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Su Çerçeve Direktifi / biyolojik izleme / fitoplankton / fitobentoz / diatom

ABSTRACT

BIOLOGICAL QUALITY ELEMENTS ACCORDING TO WATER FRAMEWORK DIRECTIVE: PHYTOPLANKTON AND PHYTOBENTHOS

The Water Framework Directive (WFD; 200/60/EC) creates a new legislative framework to manage, use, protect and restore surface water and groundwater resources within river basins and transitional and coastal waters in the European Union. The WFD aims to achieve sustainable management of water resources, to reach good ecological quality and prevent further deterioration of surface waters and groundwater and to ensure sustainable functioning of aquatic ecosystems by 2015. In WFD the ecological status of surface water is defined as “an expression of the quality of the structure and functioning of aquatic ecosystems associated with surface waters, classified in accordance with Annex V” (Article 2:21). This implies that the classification systems of the ecological status of water bodies should reflect changes in the structure of the biological communities and in the overall ecosystem functioning as a response to anthropogenic pressures. Such requirements are novel developments in European water policy, which has been mostly based on the regulation of emissions at the source through the establishment of emission limit values.

The WFD necessitates that the ecological quality status of surface water bodies is assessed using biological quality elements such as phytoplankton, fish, and benthic flora and fauna. Therefore, there is a need to identify biological indicators that respond in a predictable manner to human disturbances, and allow classification of ecological quality based on functional relationships between pressures and indicators. Currently, intensive researches are being carried out in Europe to develop biological indicators and classification metrics that can be used in assessment, comparison and harmonization of ecological water quality targets across Europe. These works are naturally based on the research on the ecological functioning of surface waters. Still the WFD has imposed challenges for aquatic ecologists to develop scientifically sound, high-precision, and biological assessment tools for managers.

In this study, it is aimed to draft a source of information, which Turkey benefit from in the implementation of WFD, by making use of European, American, Turkish standards, and the know-how of the EU Member States which comes from the comprehensive projects. This study covers sampling and analysis of phytoplankton and phytobenthos which are used as biological quality elements in monitoring of surface water bodies according to WFD. In addition, an inventory of all the metrics that are used by the EU Member States in calculating the ecological quality ratios of phytoplankton and phytobenthos has been made, and the applicability of these metrics in Turkey has been discussed.

KEY WORDS: Water Framework Directive / biological monitoring / phytoplankton / phytobenthos / diatom

YÖNETİCİ ÖZETİ

SÇD'nin uygulanması geçmişten bu yana çok zorlu bir süreç olmuştur. Neredeyse bütün AB Üye Devletleri araçlar geliştirmek, gereken verileri toplamak için hatırı sayılır derecede zaman ve kaynak harcamıştır. Bu bağlamda, hem AB hem de Üye Devletler özellikle de ekolojik değerlendirme konusunda çok sayıda araştırma projesine yatırım yapmıştır.

Avrupa'daki yüzey sularında bulunan biyotik topluluklar inceleme altında olup göllerin, nehirlerin, kıyı ve geçiş sularının durumlarının ve yönetim başarısının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. SÇD, kirlilik kontrolünden ekosistem bütünlüğünü sağlamaya dönerek yönetim hedeflerinde büyük bir değişikliğe gitmiştir. Ekolojik kalitenin kötüye gitmesi ya da iyileşmesi fiziksel ve kimyasal değişikliklerden ziyade biyotanın verdiği tepki ile değerlendirilmektedir.

SÇD, kimyasal kalitenin sınırlı sayıdaki özelliklerini ölçmekten ziyade bir dizi biyolojik topluluk kullanarak tüm yüzey sularının kalitesini kontrol etme konusunda radikal bir değişikliğe gitmesinden dolayı ve yenilikçi özelliğinden dolayı memnuniyetle karşılanmıştır. Bu yaklaşımın, ekolojik kaliteyi ölçme konusunda daha etkili ve birleştirici olduğu görülmüştür. Ancak bu yenilikçilik, karmaşık ve dinamik biyolojik toplulukların kalitatif tür listesini çıkarmaktan ziyade kantitatif olarak tek bir sayısal skora dönüştürülmesini gerektirmektedir. Değişikliğin ne derecede ortaya çıktığını kontrol etmek için kullanılan referans koşulların belirlenmesini gerektirdiği için ve bütün bu işlemlerin çok sayıda su kütlelerinde yapılmasını gerektirdiği için ekolojilere büyük zorluklar getirmiştir.

SÇD'nin elde ettiği önemli sonuçlardan biri de, pek çok örnekleme ve analiz prosedürünün Avrupa çapında standartlaştırılmasını sağlamasıdır (örneğin CEN Standartları). Bu bağlamda taksonomik eğitime yönelik yatırımlar yapılmış;

fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişkenleri içeren kapsamlı izleme programları uygulanmıştır.

Direktifin Ek 2'si ve Ek 5'i su kütlesi tipoloji kriterleri, biyolojik kalite unsurlarının bileşenleri ve bununla ilgili izlenmesi gereken hidromorfolojik ve fizikokimyasal unsurlar gibi pek çok detayı içinde barındırmaktadır. SD, biyolojik kalite unsurlarının hangi özelliklerinin (bolluk, topluluk kompozisyonu) lülmesi gerektiğine ilişkin bilgiler verse de bu farklı unsurlar için hangi indeksler ya da hangi metriklerin kullanılması gerektiğini belirtmemektedir. Farklı biyolojik kalite unsurları için metriklerin ve indekslerin belirlenmesi pek çok Üye Devlette bilim insanlarına bırakılmış ve bu da halihazırda izleme yapanların geçmişten bu yana uygulayageldikleri yöntemleri değiştirme konusundaki isteksizliklerini gün ışığına çıkartarak yıllardan beri tartışılan bir konu haline getirmiştir. AB Üye Devletlerinde 2000 yılında var olan değerlendirme sistemlerinin çoğu SD ile uyumlu değildi çünkü bu sistemler genellikle ya referansa dayalı değildi (kabul edilebilir sınırdan sapmanın değerlendirilmesi vs.) ya da su kütlesi tipine özgü değildi.

SD'nin karmaşık gerekliliklerine uyum sağlayan yöntemlerin geliştirilmesi için büyük çabalar sarf edilmiş olup bu süreç merkezi olarak organize edilmediği için pek çok ulusal ve uluslararası proje katkı sağlamıştır (örneğin WISER ve STAR Projeleri). Sonuç olarak Avrupa'da su kütlesi değerlendirme konusunda genel kabul görmüş bir yöntem ortaya çıkmamış olup geliştirilen yöntemler farklı ülkeler arasında, farklı biyolojik kalite unsurları arasında ve su kütlesi kategorileri ve tipleri arasında farklılık göstermiştir. Farklılıkların pek çoğu taksonomide (türlerle karşı yüksek taksonomik seviyeler gibi) referans koşulları ve tipleri tanımlama şeklinde, alana özgü değerlendirmelerde ve kullanılan indekslerin (metriklerin) sayısında ve niteliğinde gözlemlenmiştir.

Uyumlu bir değerlendirme sisteminin uygulanmasına ilişkin en önemli zorluklardan bir tanesi biyolojik izleme geleneklerinin ülkeler arasında farklılık göstermesidir. İyi yapılandırılmış biyolojik izleme sistemlerinin olduğu ülkeler, özellikle de uzun zamandan beri biyolojik izleme yapan ülkeler, değişim gösterme konusunda direnç göstermişlerdir. Bu farklılıklar, Avrupa'daki farklı su kütleleri ve biyolojik izleme tarihini yansıtan çeşitli yöntemlerin geliştirilmesini sağlamıştır.

Sonuç olarak da SÇD için kullanılan yöntemlerin, direktifte yer alan bir karşılaştırma süreci olan interkalibrasyona tabii tutulması gerekmektedir (Ek 5, bölüm 1.4.1).

İnterkalibrasyon çalışmalarının ilk fazı iki ayrı bilimsel değerlendirmeye tabii tutulmuştur. Bu değerlendirmelerin biri kıyı/geçiş sularında diğeri ise göller/nehirler üzerinde yapılmış olup ortak metriklerin kullanılması ve kabul edilebilir sınır değerlerin kullanılması gibi seçilen yaklaşımlarla aynı görüşü paylaşmaktadır. Ancak birkaç tartışmalı konu ortaya çıkmıştır. Özellikle de referans koşulların uyumlu bir şekilde geliştirilmesinin, interkalibrasyonun farklı baskılara göre ayrı ayrı yapılmasının ve yıllar arasındaki değişkenliğin dikkate alınmasının garanti edilmesi gerekmektedir. Bu eksikler nedeniyle Avrupa Komisyonu, tüm su kategorilerinde tüm biyolojik kalite unsurları için interkalibrasyonun tamamlanması için interkalibrasyon sürecinin ikinci bir fazla (2009-2012) uzatılmasını sağlamıştır. Referans koşulların ve sınıf sınırlarının belirlenmesi için ve bireysel olarak yapılan interkalibrasyon çalışmalarına ait sonuçların karşılaştırılması için daha uyumlu yaklaşımları ele alan yeni bir interkalibrasyon kılavuzu ve bu kılavuzun ekleri hazırlanmıştır.

SÇD'nin 2000 yılında yürürlüğe girmesinden bu yana geçen süre içerisinde Avrupa Birliği Üye Devletlerinin ekolojik kalitenin belirlenmesi konusunda hala problemler yaşadığı açıkça görülmektedir. Üye Devletlere kıyasla bu çalışmaların henüz başında yer alan ülkemiz açısından bakıldığında Avrupa'da oluşan deneyimlerden faydalanmak oldukça önemlidir.

Biyolojik kalite unsurlarına yönelik izleme çalışmalarına başlamadan önce kalite unsuruna ilişkin izleme kılavuzlarının oluşturulması çok büyük önem taşımaktadır. Çünkü elde edilecek her bir izleme sonucunun verimli olarak değerlendirilebilmesi için standart bir yöntem kullanılarak örneklenmesi, analizi ve indeksler kullanarak ekolojik kalite oranlarının belirlenmesi gerekmektedir. Farklı şekilde örneklemeler, farklı analiz yöntemleri ve farklı indekslerin kullanımı neticesinde izleme sonuçlarının değerlendirilmesi verimli olmayacak ve izlemeler sırasında harcanan zaman, işgücü ve maddi kaynaklar etkili bir şekilde kullanılamamış olacaktır. Bu yüzden biyolojik kalite unsurlarının izlenmesi

konusunda yapılacak ilk iş izleme kılavuzlarının hazırlanarak standart bir yöntemin oluşturulmasıdır.

Bu tez kapsamında, SÇD'ye göre yüzey sularının biyolojik izlemede kalite unsuru olarak kullanılan fitoplankton ve fitobentozun örneklenmesi ve analizi için öncelikle Avrupa CEN Standartları derlenmiş olup, mevcut bir Avrupa Standardının bulunmadığı durumlarda Avrupa Birliği Üye Devletlerinin yürütmüş olduğu projelerden ve Amerikan Standartlarından faydalanılmıştır. Ayrıca Üye Devletlerin kullanmış olduğu ve ekolojik kalitenin belirlenmesinde önemli rol oynayan indeksler ve interkalibrasyon grubu metriklerinin envanteri çıkartılarak ülkemiz açısından kullanılabilirliğinin tartışılması amaçlanmıştır.

1. GİRİŞ

Bütüncül çevre yönetimi ve entegre kirlilik kontrolü kavramları 1990'lı yıllarda ortaya çıkmış olup, ülkeler de bu yıllarda çevresel problemlerin çözümünde doğal ve sosyal bilimleri birleştiren ekosistem yaklaşımını benimsemiştir^[1]. Bu kavram en çok 1992'de (Rio de Janeiro), 1995'te (New York) ve 2002'de (Johannesburg) Dünya Zirveleri ile 1992 Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi'nde şekillenmiştir. Bu toplantılarda dünya çapındaki ülkeler çevresel sürdürülebilirliği sağlamak için anlaşmıştır. Bu durum Avrupa'da izleme programları, çevresel kalite hedefleri ve standartlarını benimseyen pek çok ülke tarafından takip edilen Yüzeysel Sularının Ekolojik Kalitesine İlişkin AB Direktifinin önerilmesi için fırsat yaratmıştır. 1970'lerden bu yana, Avrupa'nın bazı yerleri (İngiltere ve İsveç gibi) bölgeler üstü su kalitesi sorunlarını çözmek için çevresel önlemlerini uyumlaştırmak üzere istekli olduklarını göstermişlerdir. Bunu takiben, kaynak havzalar ve alıcı deniz ortamlarının yönetiminin koordinasyon içinde yapılması için Kuzey-Doğu Atlantik (OSPAR Komisyonu), Baltık (HELCOM Komisyonu) ve Akdeniz (Barcelona Sözleşmesi) için bölgesel deniz anlaşmaları yapılmıştır.

Yüzeysel Sularının Ekolojik Kalitesine İlişkin Avrupa Direktifi teklifi, ekolojik önyargısının yüksek olacağı düşüncesinin yanı sıra sosyo-ekonomik etkilerin yeterince dikkate alınmadığı öne sürülerek kabul edilmemiştir. Ancak bu fikrin tohumları, en nihayetinde 2000 yılında yürürlüğe giren Avrupa Su Çerçeve Direktifinin hazırlanmasıyla can bulmuştur.

SÇD'nin uygulanması geçmişten bu yana çok zorlu bir süreç olmuştur. Neredeyse bütün AB Üye Devletleri araçlar geliştirmek, gereken verileri toplamak ve nehir havzası yönetim planlarını hazırlamak için hatırı sayılır derecede zaman ve kaynak harcamıştır. Bu bağlamda, hem AB hem de Üye Devletler özellikle de ekolojik değerlendirme ve havza modellemesi konusunda çok sayıda araştırma projesine yatırım yapmıştır.

Avrupa'daki yüzey sularında bulunan biyotik topluluklar inceleme altında olup göllerin, nehirlerin, deniz ekosistemlerinin durumlarının ve yönetim başarısının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. SÇD, kirlilik kontrolünden ekosistem bütünlüğünü sağlamaya dönerek yönetim hedeflerinde büyük bir değişikliğe gitmiştir. "Ekolojik kalite"nin kötüye gitmesi ya da iyileşmesi fiziksel ve kimyasal değişikliklerden ziyade biyotanın verdiği tepki ile değerlendirilmektedir.

SÇD, kimyasal kalitenin sınırlı sayıdaki özelliklerini ölçmekten ziyade bir dizi biyolojik topluluk kullanarak tüm yüzey sularının kalitesini kontrol etme konusunda radikal bir değişikliğe gitmesinden dolayı ve yenilikçi özelliğinden dolayı pek çokları tarafından memnuniyetle karşılanmıştır^[2]. Bu yaklaşımın, ekolojik kaliteyi ölçme konusunda daha etkili ve birleştirici olduğu görülmüştür. Ancak bu yenilikçilik, karmaşık ve dinamik biyolojik toplulukların kalitatif tür listesini çıkarmaktan ziyade kantitatif olarak tek bir sayısal skora dönüştürülmesini gerektirmektedir. Değişikliğin ne derecede ortaya çıktığını kontrol etmek için kullanılan referans koşulların belirlenmesini gerektirdiği için ve bütün bu işlemlerin çok sayıda su kütlesinde yapılmasını gerektirdiği için ekologlara büyük zorluklar getirmiştir.

SÇD'nin elde ettiği önemli sonuçlardan biri de, pek çok örnekleme ve analiz prosedürünün Avrupa çapında standartlaştırılmasını sağlamasıdır (örneğin CEN Standartları). Bu bağlamda taksonomik eğitime yönelik yatırımlar yapılmış; fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişkenleri içeren kapsamlı izleme programları uygulanmıştır.

SÇD'nin sucul ekosistemlerin ekolojik değerlendirmesine ilişkin gereklilikleri hem spesifik hem de geneldir. Direktifin Ek 2'si ve Ek 5'i su kütlesi tipoloji kriterleri, biyolojik kalite unsurlarının bileşenleri ve bununla ilgili izlenmesi gereken hidromorfolojik ve fizikokimyasal unsurlar gibi pek çok detayı içinde barındırmaktadır. SÇD, biyolojik kalite unsurlarının hangi özelliklerinin (bolluk, topluluk kompozisyonu) ölçülmesi gerektiğine ilişkin bilgiler verse de bu farklı unsurlar için hangi indeksler ya da hangi metriklerin kullanılması gerektiğini belirtmemektedir. Farklı biyolojik kalite unsurları için metriklerin ve indekslerin belirlenmesi pek çok Üye Devlette bilim insanlarına bırakılmış ve bu da halihazırda

izleme yapanların geçmişten bu yana uygulayageldikleri yöntemleri değiştirme konusundaki isteksizliklerini gün ışığına çıkartarak yıllardan beri tartışılan bir konu haline getirmiştir. AB Üye Devletlerinde 2000 yılında var olan değerlendirme sistemlerinin çoğu SÇD ile uyumlu değildi çünkü bu sistemler genellikle ya referansa dayalı değildi (kabul edilebilir sınırdan sapmanın değerlendirilmesi vs.) ya da su kütlesi tipine özgü değildi.

SÇD'nin karmaşık gerekliliklerine uyum sağlayan yöntemlerin geliştirilmesi için büyük çabalar sarf edilmiş olup bu süreç merkezi olarak organize edilmediği için pek çok ulusal ve uluslararası proje katkı sağlamıştır (örneğin WISER ve STAR Projeleri). Sonuç olarak Avrupa'da su kütlesi değerlendirme konusunda genel kabul görmüş bir yöntem ortaya çıkmamış olup geliştirilen yöntemler farklı ülkeler arasında, farklı biyolojik kalite unsurları arasında ve su kütlesi kategorileri ve tipleri arasında farklılık göstermiştir. Farklılıkların pek çoğu taksonomide (türlere karşı yüksek taksonomik seviyeler gibi) referans koşulları ve tipleri tanımlama şeklinde, alana özgü değerlendirmelerde ve kullanılan indekslerin (metriklerin) sayısında ve niteliğinde gözlemlenmiştir.

SÇD'ye göre ekolojik değerlendirmenin "tipe özgü" olması gerekmektedir. Örneğin su kütleleri tuzluluk, alkalinite, havza büyüklüğü ya da rakım/derinlik gibi fiziksel ve morfolojik özelliklerine göre gruplandırılmalıdır. Diğer yandan tipolojiler, doğal olarak süreklilik gösteren değişimlerin ekosistem özellikleri üzerinde çizdikleri sınırlardır. Aslında insanın neden olduğu baskılar dikkate alınmadığında bile pek çok çevresel parametre topluluk kompozisyonunu etkilemektedir^[3]. SÇD, tipoloji sistemine (Sistem B, Ek 2) dahil edilecek toplulukları etkileyen doğal çevresel parametrelere izin vermektedir. Ancak, her zaman tüm çevresel faktörleri dikkate almakla yönetilebilir bir tipoloji sistemine sahip olmak arasında bir denge bulunmaktadır. Üye Devletler tarafından kullanılan tipoloji sistemlerini bir arada gösteren bir derleme olmamakla birlikte büyük olasılıkla farklı ülkelerdeki tipolojiler birbirleriyle hiç de karşılaştırılabilir değildir.

Uyumlu bir değerlendirme sisteminin uygulanmasına ilişkin en önemli zorluklardan bir tanesi biyolojik izleme geleneklerinin ülkeler arasında farklılık göstermesidir. İyi yapılandırılmış biyolojik izleme sistemlerinin olduğu ülkeler,

özellikle de uzun zamandan beri biyolojik izleme yapan ülkeler, değişim gösterme konusunda direnç göstermişlerdir. Bu farklılıklar, Avrupa'daki farklı su kütleleri ve biyolojik izleme tarihini yansıtan çeşitli yöntemlerin geliştirilmesini sağlamıştır. Sonuç olarak da SÇD için kullanılan yöntemlerin, direktifte yer alan bir karşılaştırma süreci olan interkalibrasyona tabii tutulması gerekmiştir (Ek 5, bölüm 1.4.1).

SÇD interkalibrasyon yaklaşımı ilk olarak Üye Devletlerin değerlendirme yöntemlerinin az sayıdaki alanda karşılaştırılmasına dayanmaktaydı. Ancak istatistiki nedenlerden ötürü bu yaklaşım fayda sağlamadı. Dolayısıyla, bir alanın toplam baskı değişimlerini kapsayan veri setlerinin bir araya getirildiği diğer seçenekler geliştirilmiştir. Bu seçeneklerden bir tanesi ulusal yöntemlerin kıyaslandığı “ortak metrikler” dayanmaktadır.

İnterkalibrasyon çalışmalarının ilk fazı iki ayrı bilimsel değerlendirmeye tabii tutulmuştur. Bu değerlendirmelerin biri kıyı/geçiş sularında diğeri ise göller/nehirler üzerinde yapılmış olup ortak metriklerin kullanılması ve kabul edilebilir sınır değerlerin kullanılması gibi seçilen yaklaşımlarla aynı görüşü paylaşmaktadır. Ancak birkaç tartışmalı konu ortaya çıkmıştır. Özellikle de referans koşulların uyumlu bir şekilde geliştirilmesinin, interkalibrasyonun farklı baskılara göre ayrı ayrı yapılmasının ve yıllar arasındaki değişkenliğin dikkate alınmasının garanti edilmesi gerekmektedir. Bu eksikler nedeniyle Avrupa Komisyonu, tüm su kategorilerinde tüm biyolojik kalite unsurları için interkalibrasyonun tamamlanması için interkalibrasyon sürecinin ikinci bir fazla (2009-2012) uzatılmasını sağlamıştır. Referans koşulların ve sınıf sınırlarının belirlenmesi için ve bireysel olarak yapılan interkalibrasyon çalışmalarına ait sonuçların karşılaştırılması için daha uyumlu yaklaşımları ele alan yeni bir interkalibrasyon kılavuzu ve bu kılavuzun ekleri hazırlanmıştır.

İnterkalibrasyon çalışmalarının ikinci fazına yönelik çözülmesi gereken üç problem hala varlığını sürdürmektedir: (i) Süreçte hala büyük gecikmeler yaşanmaktadır. Bu gecikmeler, pek çok ülkedeki değerlendirme sistemlerinin yavaş gelişiminden kaynaklanmaktadır; (ii) Bireysel olarak yürütülen interkalibrasyon çalışmalarının sayısı çok yüksektir (su kategorilerindeki biyolojik kalite unsurlarının coğrafi interkalibrasyon grubu sayısı>100 çalışma); ve (iii) interkalibrasyon

sonuçlarının yayımlanması zordur. Kullanılan interkalibrasyon yöntemlerinin basit olmasına rağmen sürecin kendisi pek çok adımdan oluşmakta olup nispeten karmaşıktır. Dolayısıyla bu problemler su yöneticileri arasında şu korkuya yol açmıştır: eski durumuna getirilecek olan su kütlelerinin seçimi ve bunlarla ilgili planlama ve raporlama gereklilikleri gibi ilk nehir havzası yönetim planlarına altlık teşkil etmesi için kullanılan SÇD uygulamalarının son adımları üzerinde interkalibrasyonun büyük etkileri olacağından şüphelenilmektedir^[4].

SÇD'nin 2000 yılında yürürlüğe girmesinden bu yana geçen süre içerisinde Avrupa Birliği Üye Devletlerinin ekolojik kalitenin belirlenmesi konusunda hala problemler yaşadığı açıkça görülmektedir. Üye Devletlere kıyasla bu çalışmaların henüz başında yer alan ülkemiz açısından bakıldığında Avrupa'da oluşan deneyimlerden faydalanmak oldukça önemlidir.

Bu tez kapsamında, SÇD'ye göre yüzey sularının biyolojik izleminde kalite unsuru olarak kullanılan fitoplankton ve fitobentozun örneklenmesi ve analizi için öncelikle Avrupa CEN Standartları derlenmiş olup, mevcut bir Avrupa Standardının bulunmadığı durumlarda Amerikan Standartları ve Avrupa Birliği Üye Devletlerinin yürütmüş olduğu projelerden faydalanılmıştır. Ayrıca Üye Devletlerin kullanmış olduğu ve ekolojik kalitenin belirlenmesinde önemli rol oynayan indeksler ve interkalibrasyon grubu metriklerinin envanteri çıkartılarak ülkemiz açısından kullanılabilirliğinin tartışılması amaçlanmıştır.

2. FİTOPLANKTON

Fitoplankton sucul ortamlarda fototrofik büyüme gösteren serbest yüzmeye özelliğine sahip tek hücreliler ve koloniler olarak tanımlanmaktadır. Fitoplankton primer prodüksiyonda ve dünyanın küresel element döngüsünde kilit bir rol oynamaktadır. Su sütununun üst kısmından başlayarak ışığın nüfuz ettiği alt sınıra kadar koloniler oluşturur. Fitoplankton populasyonunun yapısı ve bolluğu azot, fosfor, silis ve demir gibi inorganik nütrientler tarafından kontrol edilir.^[5]

Bulunduğu ortamdaki değişikliklere karşı gösterdiği hassasiyet ve tepkiler göz önünde bulundurulduğunda, fitoplankton su kalitesindeki değişikliklere karşı iyi bir indikatör olarak kullanılabilir. SÇD'nin 2000 yılında Avrupa'da yürürlüğe girmesinden bu yana, fitoplankton yüzey sularının ekolojik durumunu değerlendirmek üzere kullanılması önerilen dört kalite unsurundan biri olarak kullanılmaktadır^[6].

SÇD Ek 5; nehir, göl, geçiş ve kıyı sularındaki ekolojik durumun değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken fitoplankton kalite unsuruna ilişkin kriterleri (kompozisyon, bolluk ve biyokütle) Tablo 2.1'de özetlemektedir.

Tablo 2.1: SÇD'ye göre su kütlelerinde izlenmesi gereken fitoplankton kriterleri^[7]

Fitoplankton	Nehirler	Göller	Geçiş Suları	Kıyı Suları
Kompozisyon	X	X	X	X
Bolluk	X	X	X	X
Biyokütle	-	X	X	X

2.1. Örnekleme Noktalarının Belirlenmesi

2.1.1. Nehirler

Nehirlerde örnekleme noktaları, şüpheli kirlilik kaynaklarının memba ile mansabına ve büyük yan kollara uygun aralıklarla yerleştirilir. Uzun kolların mansabına doğru nehir sularının yatay düzlemdeki karışımı farklılaştığı için örnekleme noktaları nehrin her iki kıyısına yerleştirilir. Kirliliğinden şüphe duyulan yan kollar da benzer şekilde araştırılmalıdır ancak küçük nehirlerden alınan verilerin yorumlanmasına dikkat edilmelidir. Çünkü akarsularda fitoplanktonun çoğu doğal substrattan gelen perifitik kökenli olabilir. Cıvardaki göllerden, baraj göllerinden ve mansaptan gelen fitoplanktonun yanı sıra akışla nehre taşınan toprak organizmaları da verilerin yorumlanmasını etkileyebilir. Membada bulunan ve tabakalaşmanın yaşandığı baraj göllerinden suyun deşarj edildiği derinlik de fitoplanktonun özelliklerini etkiler.

Nehir sularının dikey düzlemdeki karışımının iyi olmasından dolayı, iki ya da daha çok tabakadan alınan kompozit örnekler gibi su altından yapılan örnekleme de yeteri kadar temsil edici özelliğe sahiptir. Termal deşarjlardan, yan kollardan ve baraj göllerinden gelen sıcak ve soğuk suların karışımlarından kaynaklanan tabakalaşmalar çeşitli problemlere yol açabilir. Örnekleme her zaman nehrin ana kolu üzerinden yapılmalıdır ve tüm nehrin özellikleri yerine belirli bir bölgedeki habitatların özelliklerini yansıtan su girişlerinin olduğu bölgelerde ve mansapta bulunan bölgelerde örnekleme yapılmamalıdır. Hem yatay hem de dikey olarak karışım gösteren nehirlerin orta kısmından ve yüzeyin 0,5 m ve 1 m altından toplanmış periyodik örnekler incelenerek fitoplankton populasyonu ortaya çıkarılmalıdır.

Fitoplankton dağılımının tek tip veya normal olduğunun bilindiği ya da farz edildiği durumlarda, istatistiki testler yapmak için rastgele örnekleme yaklaşımı kullanılır. Hem örnekleme alanları ve kesitleri rastgele seçilmeli hem de her bir seçilmiş alanda rastgele örnekler toplanmalıdır. Diğer taraftan, fitoplankton dağılımının değişken ya da farklı olduğu biliniyor ya da farz ediliyorsa, ek örnekleme alanları programa dahil edilmeli, kompozit örnekler toplanmalı ve örnek sayısı

arttırılmalıdır. Populasyon değişkenliğini ortaya koymak için uygun istatistiki testler yapılmalıdır^[8].

2.1.2. Göller

Göl ya da rezervuar örneklemesinde, gridler ya da kesitler alınarak rastgele bir şekilde çalışılır. Verileri anlamlı kılmak için yeterli sayıda örnek alınır. Kıyıdan kıyıya uzanan en az iki yatay kesit boyunca gölün en derin noktası da dahil olmak üzere stratejik noktalarda örnekleme yapılır. İlki girişe yakın, sonuncusu da çıkışa yakın olmak üzere, gölün uzun eksenine yatay olarak yerleştirilmiş ve aralarında düzenli boşluklar bulunan en az üç paralel kesit boyunca birçok noktada uzun ve dar bir platformda örnekleme yapılır. Kıyıya yakın bir yerden başlamak üzere göle doğru uzanan paralel kesitler boyunca büyük bir alan örneklenebilir.

Örneklerin içinde fitoplankton topluluklarının bulunması gerektiği için, su girişlerine ve deşarjlara yakın yerler ya da büyük alanlar gibi stratejik noktalarda örnekleme yapmak gerekir. Fitoplankton populasyonunun derinliğe göre değişim gösterdiği yerlerde, örnekler tüm derinlik katmanlarından alınır. Örnekleme derinlikleri istasyondaki su derinliği, termoklin derinliği, izohalin derinliği ya da diğer faktörlerle belirlenir. 2-3 m derinliğe sahip sığ yerlerde, alt yüzey örneklerinin 0,5-1 m'den alınması yeterli olabilir. Daha derin yerlerde ise düzenli derinlik aralıklarından örnekleme yapılması gerekmektedir^[8].

APHA Standardına ek olarak WISER Projesi, Avrupa'da maksimum tutarlılığı sağlamak için göllerde biyokütle (klorofil *a* dahil), taksonomik kompozisyon ve patlama metriklerine yönelik aşağıdaki örnekleme stratejilerini tavsiye etmektedir:

- Fitoplankton topluluğunun en iyi şekilde temsil edilmesi amacıyla termal olarak tabakalaşmış göl ve baraj göllerinin öfotik bölgelerinden (2,5 x *Secchi* derinliği) dikey olarak kompozit örneklerin alınması gereklidir. $Z_{eu} < Z_{epi}$ olması halinde epilimniyondan alınan kompozit örnekler iyi bir alternatif oluşturabilir.

- Kıyı etkisi ve kontaminasyondan kaçınmak için örnekler gölün en derin noktasından ya da açık sudan alınmalıdır. Göl büyük ya da karmaşık bir morfolojiye sahipse, en derin noktasından alınan örnek açık sudan alınan örneklerle karıştırılabilir. Bunun nedeni de su kütesinin bir bütün olarak temsil edilmesinin sağlanmasıdır.

WISER Projesi, Avrupa çapında Üye Devletlerin yapmış olduğu yöntemlerin uyumlaştırılmasını sağlamak amacıyla aşağıda belirtilen örnekleme stratejilerinin değiştirilmesini tavsiye etmektedir.

- Göl tabakalı bir yapıya sahipse ve sadece bir derinlikten örnekleme yapılıyorsa (örneğin 0,5 m), Üye Devletler bunun yerine öfotik bölgeden kompozit örnek almayı düşünmelidir.
- Örnekleme yalnızca göl kıyısından ya da çıkışından yapılıyorsa, bentik algler ve kıyı etkisi nedeniyle güçlü bir kontaminasyon riski ortaya çıkar. Göl çıkışından alınan örneğin o gölü temsil etmediği durumlarda Üye Devletler açık su örnekleme yöntemini tercih etmelidir^[9].

Ayrıca şu an taslak halde bulunan CEN/TC 230 prEN 16698 sayılı “İç Sularda Kantitatif ve Kalitatif Fitoplankton Örnekleme Kılavuzu” (Guidance on Quantitative and Qualitative Sampling of Phytoplankton from Inland Waters) Avrupa Standardı, Avrupa Standardizasyon Komitesi tarafından incelenmekte ve yakın bir süre içerisinde yayımlanması beklenmektedir^[10]. Göller için önemli bir kalite unsuru olan fitoplanktona ait bu standardın yayımlanmasıyla birlikte önemli bir eksikliğin giderileceği düşünülmektedir.

2.1.3. Kıyı Suları

İzleme noktaları izlenecek alanları temsil edici nitelikte olmalıdır. İzlemenin amacı özellikle bu bölgeleri incelemek olmadığı sürece, kapalı körfezlerden veya topografik ya da hidrografik açıdan farklılık gösteren alanlardan kaçınılmalıdır.

Eğer bölge daha önce araştırılmışsa ya da bu alanda devam eden kimyasal, biyolojik ya da fiziksel bir çalışma varsa aynı noktalar örnekleme için kullanılabilir. Örnekleme tercihen bir bot yardımı ile yapılmalıdır. Örneklemenin iskeleden

yapılması gerekiyorsa, dip sedimentinin etkisinden kaçınmak için su yeteri kadar derin olmalıdır. Kantitatif analizler için alınan örnekler ya kompozit örneklerdir ya da belirli derinliklerden alınan birleşik örneklerdir. Birleşik örneklerde, farklı derinliklerden alınan örnekler, tek bir örnek elde etmek için karıştırılır, kompozit örneklerde ise örnek tüm su sütununun özelliklerini bünyesinde barındırır.

Belirli derinliklerden yapılan örnekleme uygun bir örnekleyici kullanılarak yapılır ve tüm örnekleme sezonu boyunca aynı örnekleme derinlikleri kullanılır. Örnekleme derinlikleri ya daha önceden yapılan araştırmalar temelinde ya da bölge bilgisi kullanılarak belirlenmektedir. Belirli derinlikler genellikle temel araştırmalar, trend izlemesi ve biyoçeşitlilik izlemesinde kullanılır. Örnekleme derinliklerinin kimyasal parametreler ve fitoplankton için aynı olması da önem taşımaktadır. Örneğin kompozit örnek, 0 m ile 6 m arasında bir hortum ya da boru kullanılarak ya da su örnekleyicisini 0 m ile 2 m, 2 m ile 4 m ve 4 m ile 6 m aralıklarla sürekli olarak kullanmak suretiyle ve farklı derinliklerden alınan örnekleri karışık tek bir örnek elde etmek için karıştırmak suretiyle alınabilir. Bu tür bir örneklemenin avantajı, su sütununun büyük bir kısmının tek bir örnekte temsil edilmesinin sağlanmasıdır. Ancak kompozit su örnekleri dikey düzlemde görülecek farklılıkların ortaya çıkmasını engeller. Kompozit örnekler (örneğin 0 m ile 3 m, 0 m ile 5 m, 0 m ile 10 m, 0 m ile 20 m) genellikle özel izlemeler ve araştırmalar için kullanılmaktadır.

Birleşik örnekler sayıca üstün gelen türlerin değerlendirilmesinin gerekli olduğu durumlarda veya fitoplankton mevcudiyetinin hidrografik koşullar ya da kimyasal parametrelerle ilişkilendirilmesinin gerekli olmadığı zamanlarda alınabilir.

Fiyord ya da acı sularda olduğu gibi, su sütunu içinde fiziksel parametrelerde büyük dalgalanmaların yaşandığı deniz ortamlarında, örnekler termoklinin hem altından hem de üstünden alınmalıdır çünkü bu ortamlar fitoplankton stokları arasında bir sınır oluşturmaktadır. Farklı su kütlelerinin bir araya geldiği denizlerde farklı su katmanlarının yeteri kadar örneklenmesini sağlamak için su sütununun alt kısımlarındaki tabakalaşmış farklı su katmanlarını belirlemek için hidrografik ölçümler yapılır.

Örneklemenin yapılacağı derinlik ya da derinlik aralığı, örnekleme programının amaçlarına ve/veya örnekleme sahasındaki hidrografik koşullara göre belirlenmektedir. Fitoplankton varlığının nütrient seviyeleri gibi kimyasal parametrelerle ilgili olduğu temel araştırmalar ya da trend izlemesi için örnekler genellikle belirli derinliklerden alınır. Açık denizin 100 m'ye kadar olan kısmında standart örnekleme derinlikleri 0 m, 5 m, 10 m, 20 m, 30 m, 50 m, 75 m ve 100 m'dir. Bu yaklaşım, herhangi bir dikey tabakalaşmanın görülmediği yerlerde uygulanmalıdır. Fiyordlarda ek örnekleme 2 m'de yapılmaktadır^[11].

Avrupa Standardının yanı sıra APHA Standardına göre denizlerde, kıta sahanlığı boyunca kıyıya eşit mesafede bulunan istasyonlardan örnekler alınır. Her bir istasyonda yüzeyden tabana kadar dikey örnekler alınır ve sahanlık alanına kademeli olarak daha fazla istasyon eklenir. Kıta sahanlığı boyunca tüm dikey platformda örnekleme yapılması önemlidir. Kıta sahanlığının ötesindeki pelajik sularda öfotik zonda bulunan örnekler yüzeyden termokline kadar fitoplankton için, daha derinlerden ise zooplankton için örnekleme yapılır. Örnekleme derinlikleri değişiklik göstermekle birlikte genellikle termoklinin üstünden 10 m ila 25 m aralıklarla, termoklinden 1000 m derinliğe kadar 100 m ila 200 m aralıklarla, daha sonraki derinliklerde ise 500 m ila 1000 m aralıklarla örnekleme yapılır. Örnekleme sıklığı genellikle çalışmanın amacına, mevsimsel dalgalanmaya, anlık meteorolojik durumlara, ekipmanın ve personelin yeterliliğine göre değişkenlik gösterir^[8].

2.1.4. Geçiş Suları

Su Çerçeve Direktifine göre geçiş suları nehir ağızlarında bulunan ve kıyı sularına yakın olmaları nedeniyle kısmen tuzlu olan ancak tatlı su akışından da büyük ölçüde etkilenen su kütleleri olarak tanımlanmaktadır^[7]. Ancak geçiş sularında fitoplankton örneklemesine yönelik herhangi bir Avrupa ya da APHA Standardı bulunmamakla birlikte Avrupa Birliği Üye Devletlerinin yürütmüş olduğu mevcut bir proje de bulunmamaktadır.

Üye Devletlerin geçiş sularında fitoplankton izlemesi için kullanmış olduğu yöntemler incelendiğinde bu Devletlerin geçiş suları için kıyı sularında uygulamış

oldukları yöntemleri kullandıkları görülmektedir. Avustralya'nın fitoplankton için hazırlamış olduğu kılavuzda geçiş suyunda fitoplankton örneklenmesine yönelik olarak tuzluluk ve sıcaklık tabakalaşmasına dikkat edildiği görülmektedir. Bu nedenle örnekleme noktasında sıcaklık ve elektriksel iletkenlik değerleri ölçülerek hangi derinlikteki su sütunundan örnek alınacağına karar verilmektedir. Araştırılan alan yalnızca tatlı su ya da tuzlu su katmanını veya her iki su katmanını da içerebilir. Örnekler bu durum dikkate alınarak uygun örnekleme ekipmanları ile farklı derinliklerden ya da kompozit olarak alınmaktadır^[12].

2.2. Örnekleme Sıklıkları

Örnekleme sıklığı izleme programına, sınıflandırma sistemlerinin gerekliliklerine ve kalite unsuruna bağlı olarak değişmektedir. Kalite unsurları için minimum izleme gereklilikleri SÇD'de gözetimsel izleme kısmında yer almaktadır (Tablo 2.2)^[13].

Tablo 2.2: Gözetimsel izleme kapsamındaki kalite unsurları ve minimum izleme sıklıkları^[7]

Kalite Unsuru		Nehirler	Göller	Geçiş Suları	Kıyı Suları
Biyolojik	Fitoplankton	6 ay	6 ay	6 ay	6 ay
Fizikokimyasal	Termal Koşullar	3 ay	3 ay	3 ay	3 ay
	Oksijenlenme	3 ay	3 ay	3 ay	3 ay
	Tuzluluk	3 ay	3 ay	3 ay	-
	Nütrient Durumu	3 ay	3 ay	3 ay	3 ay
	Asitlenme Durumu	3 ay	3 ay	-	-

SÇD Ek 5; 1.3.4, aşağıdaki hususları dikkate alarak izleme sıklıklarına ilişkin gereklilikleri özetlemektedir:

- Daha geniş izleme aralıkları teknik bilgi ve uzman görüşü temelinde gerekçelendirilmediği müddetçe gözetimsel izleme için fizikokimyasal kalite

unsurlarının göstergesi olan izleme parametreleri için yukarıda bahsedilen sıklıklar kullanılmalıdır. Biyolojik kalite unsurları için her bir gözetimsel izleme sezonu boyunca en az bir kez izleme yapılır.

- Operasyonel izlemede, belirli bir kalite unsuruna ait durumun güvenilir bir şekilde değerlendirilmesi için yeterli veriyi sağlamak amacıyla herhangi bir parametre için gereken izleme sıklığı Üye Devletler tarafından belirlenir. Standart bir kural olarak, daha geniş izleme aralıkları teknik bilgi ve uzman görüşü temelinde gerekçelendirilmediği müddetçe, tabloda gösterilen aralıklar aşılmadan izleme yapılmalıdır.
- Sıklıklar, kabul edilebilir bir güvenilirlik ve kesinlik seviyesine ulaşmak amacıyla belirlenmektedir. Kullanılan izleme sisteminden elde edilen güvenilirlik ve kesinlik tahminleri nehir havzası yönetim planlarında belirtilecektir.
- İzleme sıklıkları hem doğal nedenler hem de insan etkisi sonucu ortaya çıkan parametrelerdeki değişkenliği de göz önüne alacak şekilde belirlenmektedir. İzlemenin yapılacağı sezon, mevsimsel değişkenliğin sonuçlar üzerinde en az etkiyi bırakacağı zamana göre belirlenmektedir. Böylelikle sonuçlarda, insani baskılar sonucu ortaya çıkan değişiklikler nedeniyle su kütlesinde oluşabilecek değişiklikler yansıtılmış olur. Bu amaç doğrultusunda, gerekli olduğu durumlarda, farklı mevsimler boyunca ek izlemeler de yapılmaktadır^[7].

Su Çerçeve Direktifi gerekliliklerinin ülkemizde uygulanma çalışmaları henüz başlangıç aşamasındadır. İzlemenin doğru bir şekilde yapılmasını sağlayacak ekiplerin azlığı, ülkemizin yüzölçümünün diğer Avrupa Birliği Üye Devletlerine göre büyüklüğü, arazi koşullarının durumu ve ekonomik sebepler SÇD gerekliliklerinin ülkemizde uygulanması için yaşanan başlıca zorluklar arasında yer almaktadır. Bu durumda en az iş gücü kullanılarak ve en ekonomik kararlar verilerek en isabetli tahminlerin yapılması büyük önem taşımaktadır. Limnolojik açıdan bakıldığında da bir su kütlesini temsil edecek en az sayıda noktadan örnekleme yapılması gerekliliği düşünülerek izleme sıklıklarına karar verilmesi gerekmektedir.

Klorofil *a* fitoplankton biyokütlesini temsil eden en önemli parametredir. Özellikle göl su kütlelerinde toplam fosfor ile birlikte klorofil *a* izlemesi su kütlesine ait büyük ölçüde bilgi verir. Bu yüzden su kütlelerinde klorofil *a* izlemesinin mevsimsel olarak, fitoplankton izlemesinin ise yılda iki kez (Nisan ve Eylül aylarında) gerçekleştirilmesi tavsiye edilmektedir. Ayrıca mevsimsel olarak klorofil *a* izlemesi yapılırken fizikokimyasal parametrelerin de izlenmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

İlerleyen yıllarda yetişmiş eleman sayısı ve bilgi birikiminin artması sonucunda Nisan ve Eylül ayları arasında aylık olarak fitoplankton izlemesi gerçekleştirilebilir. Çünkü göllerde siyanobakteri açısından yaz boyu aylık örnekleme yapılması daha ayrıntılı sonuçların alınmasını sağlayacaktır.

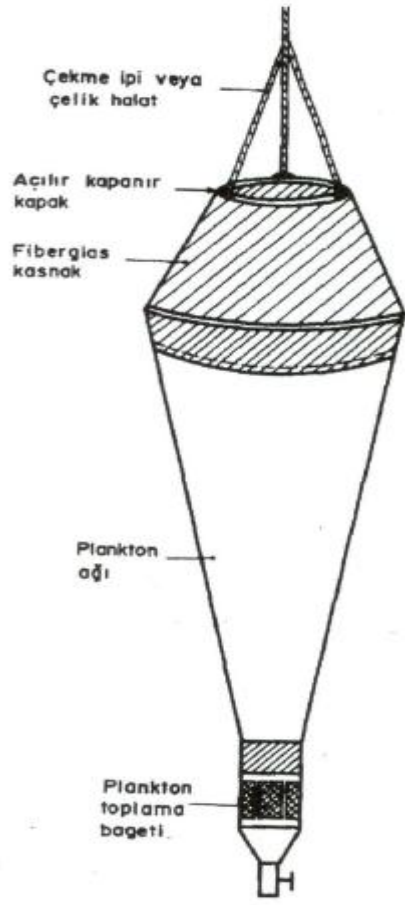
2.3. Örnekleme Metodolojisi ve Kullanılan Ekipmanlar

Fitoplankton örneklerinin toplanmasında dikkat edilecek en önemli husus fitoplankton örneği toplanılacak su kütlesinin özellikleri ve fitoplankton türlerinin karakteristikleridir. Bu bakımdan fitoplanktonun toplandığı yer ve zamanlarda fitoplanktonun dağılımı, kompozisyonu ve bolluğu esas dikkat edilecek faktörlerdir. Fitoplankton çok kısa zamanda aşırı şekilde çoğalabilir ve kısa sürede ortadan kaybolabilir.

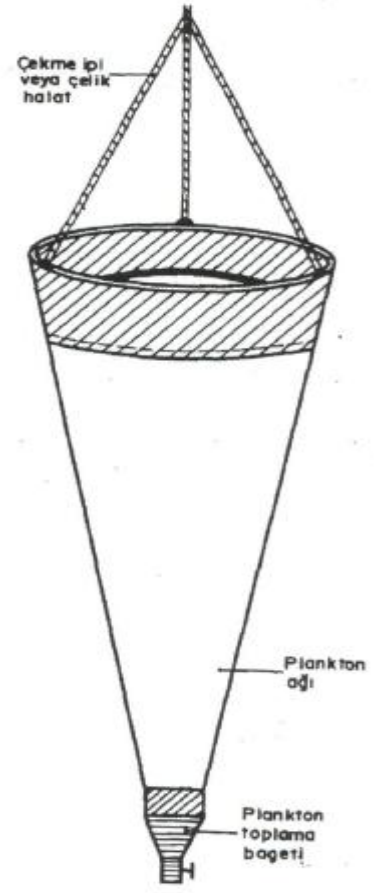
2.3.1. Kalitatif Numune Alıcılar

2.3.1.1. Plankton Kepçeleri

En iyi kalitatif numune alıcılar, süzmeye elverişli olan ipek kumaş veya naylon gibi sentetik bir malzemeden yapılmış konik şekilli kepçelerdir (Şekil 2.1 ve Şekil 2.2). Plankton kepçelerinin hacmi ve büyüklüğü değişiklik göstermekle birlikte, genellikle dar ve geniş ağızlı olmak üzere iki tipi mevcuttur.



Şekil 2.1: Dikey yönde numune almada kullanılan plankton kepçesi



Şekil 2.2: Su yüzeyinden numune almada kullanılan plankton kepçesi

Dar ağızlı kepçelerin ağız çapı 15 cm ila 20 cm arasında değişir. Geniş ağızlıların ağız açıklığı ise ihtiyaca göre 30 cm'den 90 cm'ye kadar değişir. Dar ağızlı fitoplankton kepçeleri açık ağızlı veya kapaklı olabilir ancak her iki halde de özel bir mekanizma ile istenildiği zaman ağız açıklığını kapama özelliği bulunmaktadır. Bu tip kepçeler, genellikle dikey yönde (dipten-yüzeğe) fitoplankton numunesi alınmasında kullanılır. Geniş ağızlılar ise daha çok su yüzeyinden yatay yönde fitoplankton numunesi almada kullanılır.

Fitoplankton numuneleri kıyı istasyonlarında yüzeyden, derin istasyonlarda ise hem yüzeyden yatay olarak, hem de dipten yüzeğe doğru dikey olarak alınmaktadır. Su yüzeyinden fitoplankton numunesi alınmasında kepçenin gövdesi tam olarak ağız kısmının 3/4'ü su içinde olacak şekilde ve bu durumda olan kepçe 100 m

ila 200 m arasında değişen mesafede genellikle 100 m sürüklenerek çekilmelidir. Çekme işlemi fazla hızlı gitmeyen bir kayıkla yapılır. Dikey olarak numune alma ise, istasyonun derinliğine göre iki şekilde yapılır. 10 m'ye kadar olan derinliklerde kepçe dipten yüzeye kadar dik olarak çekilme suretiyle fitoplankton numunesi alınır. 20 m, 30 m, 40 m, gibi 10 m'nin katı olan derinliklerde ise fitoplankton numunesi dipten yüzeye doğru her 10 m'de bir alınır.

Bunun için kepçe metrajlı bir vinç yardımı ile önce zemine kadar indirilir ve yine vinç yardımı ile dikey olarak 10 m'ye çekilir. Yukarıdan çekme ipine bağlı olarak bir ağırlık (messenger) gönderilerek yarı otomatik mekanizması ile ağzının kapanması sağlanır. Böylece sadece dipten 10 m yukarıya kadar olan bölgeden yani 10 m'lik bir su sütun içindeki fitoplanktondan numune alınmış olunur. Kepçe kayığa çekilir ve alttaki musluğu açılarak kepçenin hazne bölümüne birikmiş fitoplankton numunesi bir şişeye boşaltılır. Kepçe yeniden bu kez zeminin 10 m yukarisına kadar indirilir, dikey olarak 10 m çekilir ve ağzı kapatılarak kayığa alınır. Böylece her 10 m'de bir 10 m'lik su sütunlarından fitoplankton numunesi alınarak ayrı ayrı şişelere yerleştirilir. Bu şişelerin üzerine, içerisindeki fitoplankton muhtevasının bozulmasını önlemek amacıyla %37'lik (m/m) formaldehitten beşte bir oranında ilave edilir. Şişelerin ağzı sıkıca kapatılmalıdır. Her şişeye, hangi su kaynağından hangi tarihte, hangi istasyondan ve derinlikten alındığını gösterir etiket yapıştırılır.

Etikette ayrıca fitoplankton numunesinin alındığı yerdeki havanın sıcaklığı, meteorolojik şartlar, yüzey ve derinlikteki su sıcaklığı, rüzgar yönü ve şiddetleri, dalga durumu, su kaynağının rengi gibi özelliklerini belirten bilgiler de yer almalıdır (Tablo 2.3).

2.3.1.2. Pompalar

Kalitatif fitoplankton numunelerinin toplanması işleminde değişik tipte pompa sistemleri kullanılmaktadır. Bu pompalar farklı tiplerde olmakla birlikte genellikle sürüklenerek çekilen ağlı bir numune alıcıyı ihtiva eden fitoplankton biriktirme haznesi, bir ana gövde ve taranan su miktarını kaydeden bir hacim ölçer kısımdan oluşmaktadır. Su, pompa vasıtasıyla farklı derinliklerden doğrudan fitoplankton biriktirme haznesine pompalanır. Burada toplanan fitoplankton

numunesi haznenin alt kısmında bulunan musluk yardımıyla numune muhafaza kabı olarak kullanılan şişelere alınır.

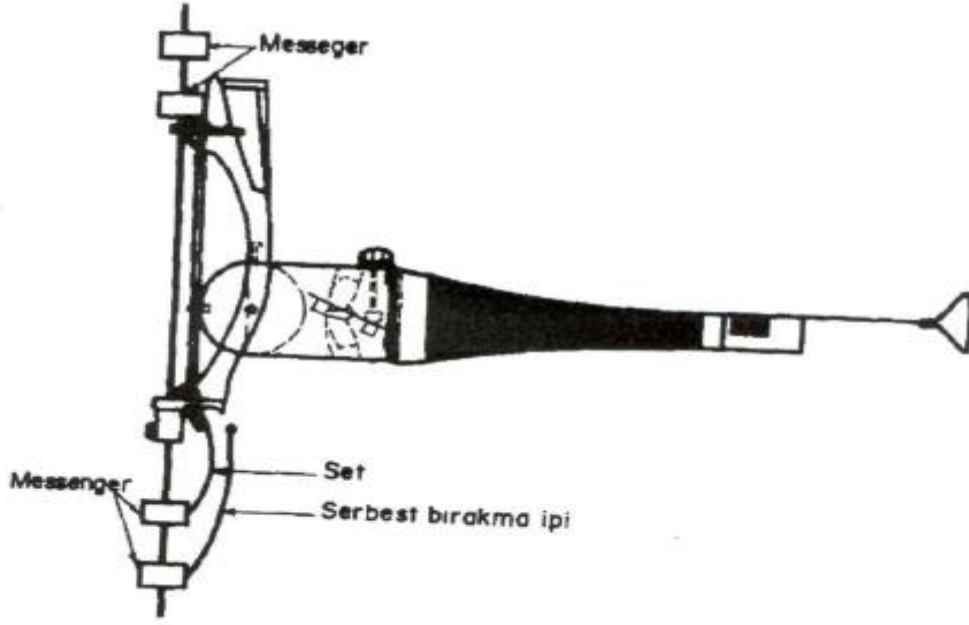
Tablo 2.3: Fitoplankton numuneleri kayıt formu örneği

Numunenin türü	Fitoplankton
Numunenin alındığı yer	Atatürk Baraj Gölü
Numunenin alındığı tarih	03.03.1990
Numunenin alındığı istasyon	I.İstasyon
Numunenin alındığı saat	09:30
Numunenin alındığı derinlik	20 m
İstasyonun derinliği	34 m
Rüzgar yönü ve şiddeti	Kuzeybatı-I
Hava durumu	Yağışlı veya Bulutlu
Hava sıcaklığı	10 °C
Su sıcaklığı	Yüzeyde 8 °C, Numunenin Alındığı Derinlikte 6 °C
Su yüzeyi	Dalgalı
Suyun rengi	Mavi
Plankton numune hacmi	0,8 ml
Numunenin hangi aletle alındığı	Plankton Kepçesi, Kepçe Çapı: 20 cm
Şişe no	5400
Numuneyi alan	Ahmet Şükrü Manas

2.3.2. Kantitatif Numune Alıcılar

2.3.2.1. Clarke-Bumpus Fitoplankton Numune Alıcısı

Bu tarz numune alıcılardan organizmaların toplanması için tül benzeri bir ağdan yararlanılmaktadır. Clarke-Bumpus fitoplankton numune alıcısı, ağın sonunda akıntıölçer ve numune alıcısının açılıp kapanmasını sağlayan bir valfden oluşmaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Clarke-Bumpus fitoplankton numune alıcısı

En yaygın olarak kullanılan kantitatif numune alıcılarıdır çünkü numune alıcısına giren suyun hacmi kalibre edilmiş bir akım ölçer tarafından ölçülmektedir. Akıntıölçer, fitoplankton kepçesinin uç kısmında metal bir tüp içine yerleştirilmelidir. Akıntıölçerin hemen yanında, suyun kepçe içerisine girişine messenger vasıtasıyla müsaade etmek için bir kelebek valfi yerleştirilmiştir. Ayrıca Nansen şişesi gibi çeşitli derinliklerden su numunesi alınırken de kullanılır. Cihazın zarar görmemesi için çok yavaş çekilmelidir.

2.3.2.2. Juday Fitoplankton Kepçeleri

Clarke-Bumpus fitoplankton numune alıcısına benzemektedir. Fitoplankton numunelerinin toplanması için tül benzeri ağlardan yararlanılmaktadır. Clarke-Bumpus'tan farkı önceden tespit edilmiş bir derinlikten farklı büyüklükte numune toplamasıdır.

2.3.2.3. Su Numunesi Alma Şişesi

Su numunesi alma şişeleri en uygun ve en basit kantitatif numune alma kepçeleridir (Şekil 2.4). Su numunesi alma şişeleri bir ağırlık (messenger) tarafından

harekete geçirilen metrajlı bir vince bağı kapalı numune alma şişeleri istenilen derinliğe indirilir. Yukarıdan çekme ipine bağı olan ağırlık gönderilerek yarı otomatik mekanizması ile numune alma şişesinin ters dönerek su numunesi alması sağlanır. Böylece istenilen derinlikten alınan su numunesi sayesinde fitoplanktonun kantitatif olarak tayini yapılır.



Şekil 2.4: Fitoplankton numunesi alma şişesi (Nansen şişesi)

2.3.2.4. Derinlik Ayarlamalı Numune Alıcılar

Derinlik ayarlamalı numune alıcılar bir akarsuyun enine kesitinde temsili kantitatif fitoplankton numunesi almak için kullanılır. Numune alma işlemi enine kesitte fitoplankton yoğunluğundaki farklılıkları dengeler^[14].

2.4. Örneklerin Muhafaza Edilmesi

Fitoplankton numune alıcıları ile alınan numuneler genellikle 200-250 ml'lik cam veya plastik şişelere konulur. Şişelerin ağzı sıkıca kapatılır ve etiketlenir. Fitoplankton numuneleri toplandıktan 2-3 saat sonra analize alınacaksa, numuneler için özel bir işlem yapmaya gerek yoktur. Numunelerin analizleri hemen değil de, 24 saat içinde analiz edilecekse 2-3 °C'de muhafaza edilebilir. Numuneler daha uzun süre muhafaza edilecekse aşağıda belirtilen koruyucu maddeler ilave edilmelidir^[15].

2.4.1. Asidik Lugol Çözeltisi

100 g KI (Potasyum iyodür) 1 l saf suda çözülür ve ardından 50 g kristalize iyot eklenir. Çözünene kadar sallanır ve daha sonra 100 g glasiyal asetik asit eklenir. Lugol çözeltisi oda sıcaklığında en az 1 yıl boyunca koyu renkli bir şişede saklanabilir. Asidik Lugol çözeltisi genellikle deniz suyu örneklerinin korunmasında tavsiye edilir.

2.4.2. Alkali Lugol Çözeltisi

100 g KI (Potasyum iyodür) 1 l saf suda çözülür ve ardından 50 g kristalize iyot eklenir. Çözünene kadar sallanır ve daha sonra 100 g sodyum asetat eklenir. Örnekteki litre başına 5 ml Lugol çözeltisi kullanmak standarttır. Yalnız bu durum alg yoğunluğuna bağlı olarak değişiklik gösterir. Çünkü mezo ve oligotrofik sularda 2 ml'den fazla Lugol çözeltisi aşırı doygunluğa yol açar ve bu da alglerin teşhis edilmesini zorlaştırır. Bu gibi durumlarda daha düşük miktarda Lugol çözeltisi kullanmak gerekir. Genel anlamda Lugol çözeltisi örnek saman rengine ulaşincaya kadar eklenmelidir. Alkali Lugol çözeltisi genellikle tatlı su örneklerinin korunmasında tavsiye edilir.

2.4.3. Formaldehit

Örneklere sonuç derişimi %4'lük olacak şekilde %37-40'lık formaldehit çözeltisinden eklenir. Örneğin tekrar analizi planlanmadıkça kullanılmamalıdır çünkü küçük flagellatların yok olmasına neden olur. Ancak 6 ay ila 1 yıldan uzun süreli muhafazada örneğe formaldehit eklenmelidir^[16].

2.5. Örneklerin Analizi

2.5.1. Fitoplankton Analizi

Fitoplankton analizleri çeşitli nedenlerden dolayı yapılmaktadır. Ancak pek çok analiz, genel hatlarıyla oluşturulmuş soruların yer aldığı çevresel izleme programları için yapılmaktadır. Bu tür bir çalışmanın amacı yüzey sularının ekolojik durumunun değerlendirilmesi ya da su yönetimi önlemlerinin etkisinin belirlenmesi

olabilir. Analitik yaklaşım, su kalitesinin biyolojik değerlendirilmesi için kullanılan sistemin gerekliliklerinden kaynaklanmaktadır. Aşağıda belirtilen sorular yaygın olarak programlarda yer almaktadır:

- Örnekte hangi türler bulunmaktadır?
- ml ya da litre başına alg birimi sayısı açısından tür kompozisyonu nedir?
- Litre başına biyohacim açısından tür kompozisyonu nedir?
- Litre başına biyohacim açısından fitoplankton topluluğunun yapısal kompozisyonu nedir?^[16]

Fitoplankton örneklerinin analizi için Avrupa Standardında yer alan Utermöhl metodu ve WISER Projesinin Üye Devletlerde kullanmış olduğu ortak analiz yöntemlerinden faydalanılmıştır. Örneklerin analizinde kullanılan temel prensipler aşağıda yer almaktadır:

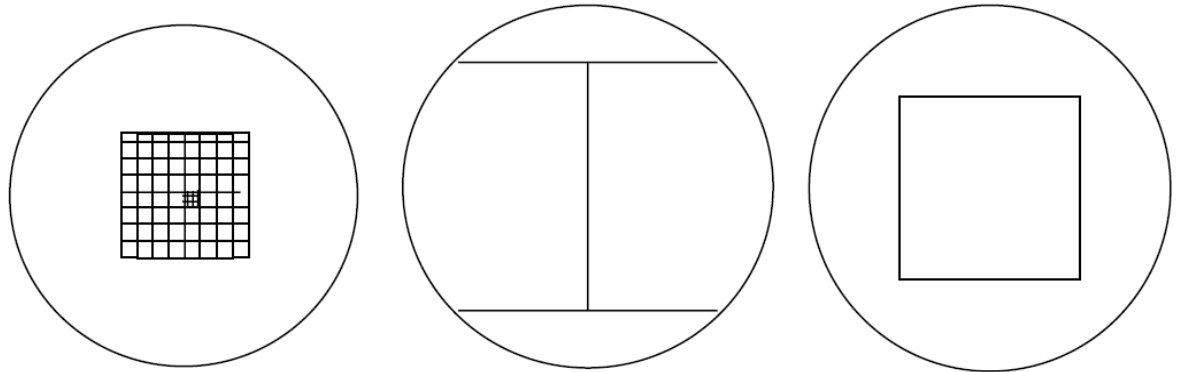
- Burada açıklanan kantitatif analiz Lugol iyotla korunmuş su örneklerinin teşhisi, sayımı ve biyohacimlerinin hesaplanmasını içermektedir. Analizler sedimentasyon çemberleri kullanılarak invert mikroskop yardımıyla yapılmaktadır (Utermöhl tekniği).
- Korunmuş örnekler tamamen karıştırıldıktan sonra bilinen hacimdeki alt örnek sedimentasyon çemberi üzerine yerleştirilir. Algler çemberin tabanına tamamen çöktüğünde invert mikroskop yardımıyla sayılır ve teşhis edilir.
- Analizlerin istatistiksel olarak güvenilirliği, alg hücrelerinin sedimentasyon çemberi içerisindeki dağılımı ile ilişkilidir ve alglerin çember içerisinde rastgele dağılmış olduğu varsayılır.
- Bireysel taksonların sayımı, sayılan birimlerin hücre/birim hacmi kullanılarak alg biyokütlesine çevrilir. Hacimler sayım aşamasındaki ölçümlere ya da farklı taksonlar ve büyüklük sınıflarına ilişkin biyohacim bilgilerine dayalıdır.

2.5.1.1. Kullanılan Ekipmanlar

Sedimentasyon çemberleri 5 ila 50 ml'lik kapasiteye sahiptir. Çemberler yaklaşık olarak 25 mm çapında olmalıdır. Çöken malzemenin sedimentasyonunda

hata risk oluşturduğu için 100 ml'lik sedimentasyon çemberleri tavsiye edilmemektedir.

- Aşağıda belirtilen donanıma sahip faz-kontrastlı invert mikroskop,
 - Nümerik açıklığı 0,5'ten büyük olan uzun çalışma aralıklı kondansatör,
 - Tercihen birinde kare gridi bulunan ve diğerinde de artı odaklı gratikül (Şekil 2.5) olan 10x ya da 12,5x binoküler,
 - Düşük büyütme objektifi (4x ya da 10x),
 - 10x, 20x ve 40x (veya daha büyüğü 60x ya da 100x çok küçük türlerin teşhis ve biyohacim ölçümleri için tavsiye edilir) faz ya da objektif,
 - Dijital kamera,
 - Numune altlığı,
 - Transekt sayımı için Şekil 2.5 ya da benzeri oküler gratikül,
- Geniş ağızlı pipetler,
- Ön çöktürme için cam silindirler (aşırı düşük alg yoğunluğuna sahip oligotrofik sular için),
- Seyreltme ve genel temizlik işleminde kullanılmak üzere saf su.



Whipple Gratikül

Artı Odaklı Gratikül

Basit Kare

Şekil 2.5: Uygun oküler gratikül örnekleri

2.5.1.2. Örneklerin Hazırlanması

İklimlendirme

Muhafaza edilmiş örneklerin, sedimentasyon çemberlerinin ve bütün ekipmanların 24 saat boyunca oda sıcaklığında iklimlendirilmesi sağlanmalıdır. İklimlendirme alg hücrelerinin sedimentasyon çemberlerinde rastgele dağılımının sağlanması için en önemli faktörler arasında yer almaktadır. İklimlendirme karanlıkta yapılmalıdır.

Örneğin Karıştırılması

Sedimentasyon çemberini doldurmak için alt örnek almadan hemen önce 2 dakika boyunca numune şişesi yatay ve dikey yönde karıştırılmalıdır. Bu işlem nazikçe yapılmalı ve hızlı hareketlerle vorteks oluşumundan kaçınılmalıdır.

Alt Örneğin Hazırlanması ve Çemberlerin Oluşturulması

Karışımın ardından bilinen hacimde örnek sedimentasyon çemberine doldurulur. Bu yöntem ve çemberleri doldurmak için harcanan çaba oldukça önemlidir çünkü bu işlem çökmüş alglerin çember içindeki son dağılımını belirlemektedir. Sedimentasyon çemberi yatay düz bir yüzeye ve aynı zamanda sıcaktan, ışıktan ve titreşim kaynaklarından uzak bir yere yerleştirilmelidir. Çemberi tek bir seferde tamamen doldurmak için şişeden ya da bir pipetle yeteri kadar örnek alınır. Çember kapatıldığında hava kabarcığının kalmadığından emin olunmalıdır. Örneğin hacmi, örnekleme yeri ve tarihi not edilerek etiketlenmelidir.

Çöktürme süresi 10 ml'lik çemberler için en az 12 saat, 25 ml'lik çemberler için en az 24 saat ve 50 ml'lik çemberler için ise en az 48 saat olmalıdır. Gereğinden fazla çöktürme, bozulma riskini artırır ve aynı zamanda hava kabarcığı oluşumuna neden olur.

Çemberin üstünde yer alan çökmeyen algler (*Cyanobacteria* ya da *Botryococcus*) düşük büyütme objektifi yardımı ile kontrol edilmelidir. Eğer çökmeyen algler varsa 5 ila 10 damla arasında homojenleştirme işleminden önce

örneğe glasiyal asetik asit eklenir. Alternatif olarak çökmeyen algleri saymak için Lund Çemberi veya Sedgewick-Rafter hücresi kullanılır.

Sedimentasyondan sonra sedimentasyon çemberleri yavaşça mikroskop zeminine taşınır. Çökmüş olan algler hareket edebileceği için açık çemberler hareket ettirilmemelidir. Çemberin doldurulması için kullanılan örneğin tam hacmi fitoplanktonun yoğunluğuna bağlıdır ve çeşitli fitoplankton yoğunluklarına ilişkin seçenekler aşağıda yer almaktadır:

- Alglerin bolluğuna göre uygun büyüklükteki bir sedimentasyon çemberi seçilmelidir (klorofil *a* konsantrasyonu bir kılavuz olarak kullanılabilir) ancak 5 ml'den küçük ya da 50 ml'den büyük çemberlerin kullanılması tavsiye edilmemektedir. Eğer yoğunluklar yüksek ya da düşükse seyreltme ya da yoğunlaştırma işlemleri yapılır.
- Çok düşük yoğunluklar için ön yoğunlaştırma işlemi gerekli olabilir. 250 ml'lik mezürde 3 gün boyunca çöktürme sağlanmalıdır. Ardından silindirin tabanında 25 ml bırakılacak şekilde üstte kalan su boşaltılmalıdır (10x yoğunlaştırma).
- Çok yüksek yoğunluklar için 5 ml'lik örneğin çok olduğu durumlarda örnek çembere eklenmeden önce seyreltilmelidir. Mezüre belirli hacimdeki alt örnek yerleştirilir ve lugol ile korunmuş içme suyu ile birlikte ölçülmüş olan hacme kadar eklenir (içme suyunda hiçbir alg olmadığını kontrol etmek gerekebilir).

Genel kural, yüksek büyütmede (400x-800x) her bir sayım alanı başına 4 ila 20 sayım birimini seçmektir.

Çöktürmeden sonra ve sayımdan önce iki kontrol yapılmalıdır:

- Partiküllerin dağılım şekli çok düşük büyütmede kontrol edilmelidir (4x ya da 10x objektif). Genellikle dağılımın rastgele olması gerekmektedir ve bu dağılım boşluklu, düzensiz bir yapı ile tanımlanmaktadır. Eğer partiküller rastgele bir şekilde dağılım göstermezse ya da çemberin kenarına doğru algler yoğunlaşmış veya birikmişse yeni bir örnek oluşturulmalıdır.

- Alg yoğunluğu çok düşük ya da çok yüksek olursa başka bir örnek hazırlanmalı ve hacim buna göre ayarlanmalıdır.

2.5.1.3. Sayım

Gözlemlenen taksonlar mümkün olan en yüksek taksonomik seviyede teşhis edilmelidir. Çünkü alglerin düşük taksonomik düzeyde doğru bir şekilde teşhis edilmesi, daha yüksek seviyede yapılan yanlış teşhisten daha iyidir. WISER Projesi aşağıdaki sayım kurallarını uygulamaktadır:

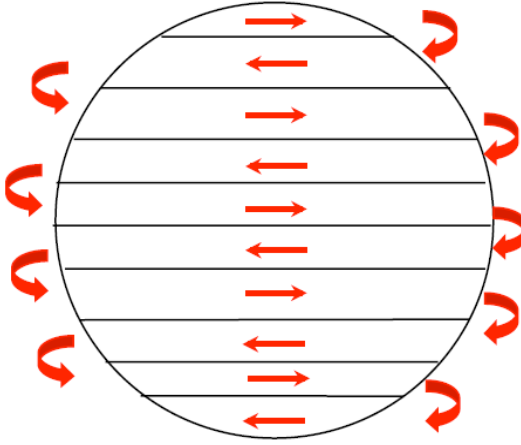
- Boş hücreler sayılmamalıdır. Örneğin boş diatom hücreleri ya da *Dinobryon* lorikaları sayılmamalıdır.
- Küçük renksiz hetertrofik flagellatlar sayılmamalıdır.
- *Surirella* ve *Nostoc* gibi litoral ya da bentik taksonlar sayılmalıdır. Bu taksonlar sığ göllerde örnek içinde büyük oranda bulunabilirler.
- Koloni oluşturan pikoplankton (*Aphanothece*, *Cyanodictyon*) hücre sayılarına ait tahminlerle birlikte sayılmalıdır.
- 2 µm'den küçük tek hücreli pikoplankton sayılmamalıdır.
- Filamentöz siyanobakterlerin heterosist ve akinetleri sayılmalıdır (eğer çok miktarda bulunuyorsa biyohacim tahminleri için aynı ölçümler yapılır).

Sayım aşağıda belirtildiği şekilde yapılmalıdır:

- Düşük büyütmede (40x ya da 100x) büyük taksonları da dahil etmek için tüm çember sayımı yapılır.
- Düşük büyütmede sayılamayacak kadar küçük ve yüksek büyütmede sayılamayacak kadar büyük olan orta büyüklükteki (>20µm) taksonların sayımı için orta büyütmede (200x ya da 250x) 2 transekt sayımı yapılır.
- Küçük taksonların görülmesi için yüksek büyütmede sayım (400x ya da daha büyük) yapılır. Amaç 50 ila 100 görüş alanı saymaktır (tavsiye edilen örnek konsantrasyonlarının en az 400 birim olduğu varsayılarak).

Büyük Taksonlar İçin Düşük Büyütmede Tüm Çemberin Sayımı

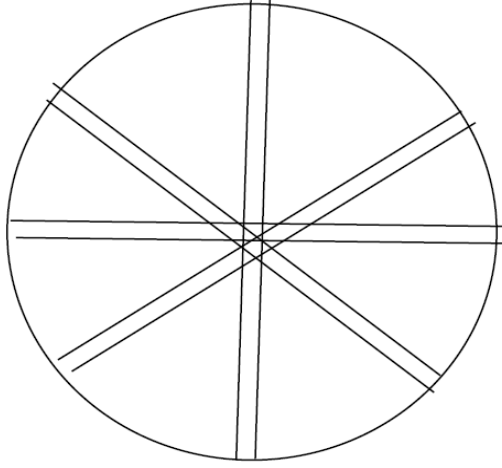
Düşük büyütmelelerde (40x'ten 100x'e) çalışarak, bir dizi yatay ve dikey transekte, büyük taksonlar (*Ceratium*), büyük koloni ya da filamentöz formlar (*Microcystis*, *Fragilaria*) ve nadir türler tüm çemberde taranıp sayılmalıdır (Şekil 2.6). Eğer mümkünse artı odaklı ya da benzeri bir gratikül (Şekil 2.5) tüm çember sayımı yapılırken kullanılmalıdır. Yatay transektlerde iki yatay çizgi arasında kalan algler yatay çizgileri geçtikleri için sayılır. En üst çizgiyi geçen algler de sayıya dahil edilir ancak alt çizgiyi geçenler dahil edilmez ve bir sonraki transekt üzerinden sayılırlar (ya da tam tersi).



Şekil 2.6: Tüm çemberin yatay kesitler halinde sayım metodu

Çap Kesitlerin Sayılması

20 μm 'den daha büyük alglerin (*Cryptomas*) sayımı 200x-250x büyütmede sedimentasyon çemberinden rastgele seçilen 2 transekte gerçekleştirilir (Şekil 2.7). Çember, transektler arasında rastgele seçilen konuma göre döndürülür.



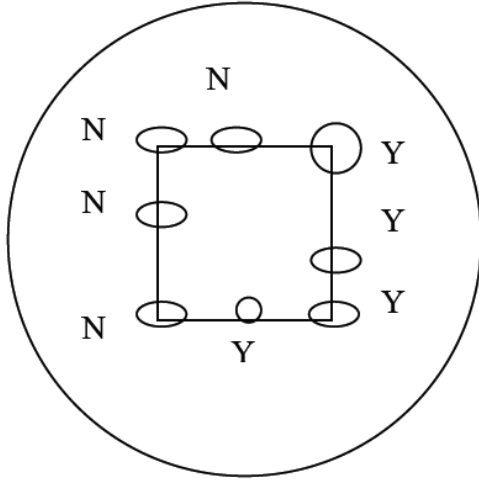
Şekil 2.7: Çap transektleri için sayım metodu

Rastgele Seçilen Alanlarda Sayım İşlemi

20 μm 'den küçük algler (*Rhodomonas*, küçük sentrik diatomlar), rastgele seçilen 50 ila 100 alan arasında 400x ya da daha fazla büyütmeyle sayım alanlarını belirlemek için okülerde ya da görüş alanında kareler oluşturularak, Whipple gratikül, Miller Karesi ya da benzeri kullanılarak sayılır. Sayılan alanların sayısı toplamda yaklaşık olarak örnek başına 400 fitoplankton birimini sağlamalıdır. Alanlar kademeli ve rastgele bir yol takip edilerek tüm çember sayımları için aynı yöntem izlenerek seçilmelidir (Şekil 2.6). Sayımı yapan kişi bir alan seçerken mikroskoba bakmamalıdır çünkü bu alanların rastgele seçilmesini engeller.

Sayımı yapılan alanlardaki rakamların toplamının yanı sıra teşhis edilen alg birimlerinin sayılarının da ayrı ayrı belirlenmesi gerekir. Rastgele alanlarda sayım yaparken, grid çizgileri üzerinde bulunan tek hücreli alglerin grid içinde ya da dışında sayılması konusunda tutarlı bir yaklaşım geliştirilmesi gerekir. CEN metodunda (2006) tanımlanan basit bir kural uygulanarak, gridin üstünde ya da solunda bulunan tek hücreli alg hücreleri sayılmazken, tabanında ya da sağında bulunanlar sayılır (Şekil 2.8).

Filamentler ve koloniler için, yalnızca görüş alanı içinde bulunan hücreler ya da filament uzunluğu sayılır. Ancak bu büyük taksonlar transektlerde ya da tam çember sayımında düşük büyütmelerde sayılmalıdır.



Y – Sayılan, N – Sayılmayan

Şekil 2.8: Sayım alanının köşesinde kalan hücrelerin sayım kuralı örneği

2.5.1.4. Sayım Yaparken Dikkate Alınması Gereken Hususlar

Alg Hücreleri ve Sayım Birimleri

Sayım birimleri bağımsız alg hücreleri, koloniler ve filamentlerdir. Bir tür ya da takson örnekte farklı sayım birimleri olarak bulunabilir ve farklı büyütmelerde sayılabilir.

Örneğin *Microcystis* kolonileri tüm çember ya da transekte sayılır ancak bireysel *Microcystis* hücreleri (kolonilerin parçalanmış olması durumunda mevcut olabilir) rastgele alanlarda sayılır. Benzer şekilde *Dinobryon* kolonileri tüm çemberde ya da çap kesitlerde sayılabilir ancak *Dinobryon* hücrelerinin rastgele alanlarda sayılması gerekmektedir.

Koloni/Filament Başına Hücrelerin Hesaplanması

Koloni ya da filament başına hücrelerin sayısı tahmin edilmelidir. Bazı taksonlar için koloni başına düşen hücre sayıları tutarlı olabilir ya da yukarıda bahsedildiği gibi farklı şekilleri mevcut olabilir. Ancak hücre sayılarının tutarlı olmadığı dağılımlar da görülebilir.

- Koloni ya da coenobia başına hücre sayılarını tahmin etmek için:

Bütün kolonideki hücrelerin doğrudan sayımı yapılmalıdır. Eğer koloni çok büyükse ya da hücreler çok küçükse ortalama hücre sayılarını tahmin etmek gerekebilir. Daha kısıtlı bir alanda ya da koloninin alt kolonilerinde hücre sayıları tahmin edilirse ve sayım alanı içinde kaç tane benzer alan olduğu tahmin edilirse daha iyi bir sayım yapılır. Bu da alt koloni sayısı ya da toplam hücre sayısını hesaplamak için küçük bir alanın veya alt koloninin tüm koloniye oranıyla çarpılır (*Microcystis*, *Woronichinia*).

- Filament başına hücre sayısının tahmin edilmesi için:

Mümkün olduğunca doğrudan hücre sayımı yapılmalıdır. Diğer durumlarda ise; filament ölçümlerinde, düşük ya da orta ölçekli büyütmede yapılan tüm çember ya da transekt sayımlarında, gözlemlenen tüm filamentler için tüm filament uzunlukları ölçülebilir. Eğer filamentler çok bolsa ortalama boyutlar en az 30 filamentin uzunluğu ölçülerek tahmin edilebilir. Rastgele görüş alanı ya da transekt sayımlarının yüksek büyütmesi için sadece grid içinde bulunan filamentlerin uzunluğu ölçülmelidir.

Hücre hacimleri kullanılarak, filament sayımları birim filament uzunluğu başına ortalama hücre sayısı ile birleştirilir (*Aphanizomenon*). Eğer mümkünse birim uzunluk başına ortalama hücre sayısı 10 filamente kadar hesaplanır (20 µm). Eğer hücreler çok küçükse ya da kolaylıkla teşhis edilemiyorsa, bu hesaplama yüksek büyütmede yapılabilir (*Planktothrix/Oscillatoria* gibi bazı türler için bu genellikle mümkün olmaz).

Hücreler arasında bir ayırım yapılabilirse, filament başına hücre sayısı şu şekilde hesaplanır: ortalama filament uzunluğu birim uzunluk başına ortalama hücre sayısı ile çarpılır.

Alglerin spiral filamentler oluşturduğu durumlarda (*Anabaena circinalis*), dönüş başına ortalama hücre sayısı sayılır ve filament başına dönüş sayısı da tahmin edilir. Daha sonra da bu iki sayı çarpılarak filament başına tahmin edilen hücre sayısı hesaplanır^[9,16].

2.5.1.5. Fitoplankton Sayısı

Sayım işlemlerinin tamamlanmasının ardından mililitredeki fitoplankton sayısı aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\text{Fitoplankton sayısı (adet/ml)} = \frac{C \times A_t}{A_s \times S \times V}$$

Burada;

C = Sayılan organizma sayısı (adet),

A_t = Sayım hücresi dip alanı (mm^2),

A_s = Görüş alanı (mm^2),

S = Sayım yapılan görüş alanı sayısı (adet),

V = Çöktürülen örnek hacmi (ml)'dir^[8].

2.5.1.6. Fitoplankton Biyokütlesi

Hacim başına hacim temelinden elde edilen fitoplankton verileri mililitre başına elde edilen sayıdan daha faydalıdır. Ölçülen hücrenin şekline en çok uyan ve en basit geometrik şekil kullanılarak hücrenin hacmi belirlenir (küre, koni, silindir vs). Bir organizmada bulunan hücrelerin büyüklüğü farklı sularda ve hatta yılın farklı zamanlarında aynı suda bile farklılık gösterir. Bu nedenle de her bir örnekleme döneminde her tür için 20 birey ile ortalama ölçümler yapılır. Mikrometre küpteki ortalama hücre hacmi, mililitre başına sayıyla çarpılarak toplam biyohacim hesaplanır. Toplam ıslak alg hacmi de aşağıdaki şekilde hesaplanır:







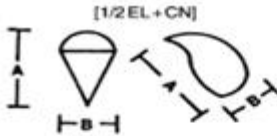
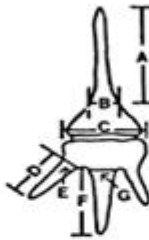


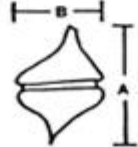
$$V_t = \sum_{i=1}^n (N_i \times V_i)$$

Burada;

V_t = Toplam plankton biyohacmi (mm^3/l),

N_i = i. türe ait organizma sayısı/l,

V_i = i. türün ortalama hücre hacmidir^[8].

Şekil	Diyagram	Formül	Temsil Edici Türler
Küre		$\pi A^3/6$	<i>Sphaerocystis schroeteri</i>
Elipsoid		$\pi AB^2/6$	<i>Scenedesmus blyuga</i> <i>Crypomonas</i> <i>Euglena</i>
Çubuk		$\pi AB^2/4$	<i>Melosira granulata</i> <i>Cyclotella</i> <i>Asterionella</i>
İki Koni		$\pi AB^2/12$	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>
Tek Koni		$\pi AB^2/12$	(Horn of <i>Ceratium</i>)
Dikdörtgen Kutu		ABC	
Elipsoid/Koni		$\frac{\pi B^2(A+B/2)}{12}$	<i>Rhodomonas minuta</i> <i>Gymnodinium helveticum</i> <i>Mallomonas</i> <i>Synura</i>
Biçimsiz		$\frac{\pi}{12}[AB^2+C^2ED^2+FG^2]$	<i>Ceratium hirundinella</i>
Biçimsiz		$BC(A-B+\frac{1}{2}B)$	<i>Achnanthes</i>
Biçimsiz		$A^3/4$	<i>Crucigenia tetrapedia</i>
Biçimsiz		$\pi AB^2/9$	<i>Peridinium</i>

Şekil 2.9: Hücre boyutlarından biyohacim tahmini için bazı formüller^[17].

Biyokütle genellikle, alg hücrelerinin yoğunluğunun suyun yoğunluğu ile benzer olduğu varsayılarak biyohacim (mm^3/l) olarak hesaplanır ve sonradan biyokütleyle çevrilir (dolayısıyla $1 \text{ mm}^3/\text{l}$ biyohacim 1 mg/l biyokütleyle eşittir)^[18].

Ayrıca şu an taslak halde bulunan CEN/TC 230 prEN 16695 sayılı “Mikroalg Biyohacmi Tahminine İlişkin Kılavuz” (Guidance on the Estimation of Microalgal Biovolume) Avrupa Standardı Avrupa Standardizasyon Komitesi tarafından incelenmekte ve yakın bir süre sonra yayımlanması beklenmektedir^[10].

2.5.2. Klorofil *a* Analizi

Klorofil *a*, yeşil bitkilerin tamamında bulunan başlıca fotosentetik pigmenttir. Yüzey sularının klorofil muhtevası, besin seviyesinin bir göstergesidir. Klorofil *a* derişiminin tayini, alglerin fotosentetik aktiviteleri ve miktarı ile ilgili bilgi verir. Analizin prensibine göre öncelikle su numunesi süzülerek alg ve diğer askıda katı maddeler ayrılır. Filtre kağıdında kalan alg pigmentleri sıcak etanol ile ekstrakte edilir ve ekstrakttaki klorofil *a* derişimi spektrofotometrik olarak tayin edilir. Klorofil *a* derişimi ekstraktın asitlendirme öncesi ve sonrasında 665 nm 'deki absorbans değerleri arasındaki farklılıktan bulunur.

2.5.2.1. Kullanılan Ekipmanlar

- Spektrometre (750 nm dalga boyuna kadar okuma yapabilen),
- Vakumlu süzme cihazı (kelepçeli filtre kağıdı tutucusu olan),
- Cam-selüloz filtre kağıdı (çapı 25 mm ila 50 mm arasında),
- Ekstrakt süzgeci (çapı 25 mm ve daha az),
- Santrifüj (devir hızı 6000 g/min),
- Su banyosu ($75 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye ayarlanabilen),
- Ekstraksiyon kapları (koyu renkli camdan yapılmış $30\text{-}50 \text{ ml}$ hacimli),
- Hidroklorik Asit (HCl)= 3 mol/l),
- Etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) (sulu çözeltisi, $\%90 \text{ (v/v)}$).

2.5.2.2. Muhafaza

Su numuneleri karanlıkta ve buzdolabında 8 saati geçmeyecek şekilde muhafaza edilmelidir. Ancak muhafazadan kaçınılmalı ve numune alımından hemen sonra analiz işlemlerine başlanmalıdır. Ham ekstraktlar hava geçirmeyen kahverengi cam ekstraksiyon şişelerinde -25 °C'den daha düşük sıcaklıkta 30 güne kadar muhafaza edilebilir. Su numuneleri dondurularak muhafaza edilmez.

2.5.2.3. İşlemler

Süzme

Numuneler iyice karıştırılır. Belirli bir hacimde numune V_s (alg derişimine bağılı olarak 0,1 l'den 2 l'ye kadar) uygun bir tutucuya yerleştirilmiş cam selüloz filtre kağıdından süzülür. Filtre kağıdı, suyu uçuncaya kadar vakumlanır ve hemen ekstraksiyon kaplarına yerleştirilir.

Ekstraksiyon

Yeterli hacimde etanol 75 °C'a kadar ısıtılır. Sıcak etanolün bir kısmı (30-40 ml) filtre kağıdı veya kağıt parçaların bulunduğu kaba boşaltılır. Filtre kağıdı ekstraksiyonu kolaylaştırmak için tercihen cam bir bagetle homojen hale getirilir. Süspansiyon en az 3 dakika süreyle ekstrakte edilir. Ekstraksiyon genellikle oda sıcaklığında birkaç saat veya bir gecede tamamlanır. Karışım ince bir filtre kağıdından 50 ml veya 100 ml hacminde ölçülü ve kapaklı bir balona süzülür. Ekstraksiyon kabındaki ekstrakt artıkları etanolle yıkanır ve filtre kağıdından süzülerek ölçülü balona kantitatif olarak aktarılır. V_e ekstrakt hacmidir.

Fotometri

Berrak ekstraktın bir kısmı asitlendirme için yeterli hacim bırakılarak pipetle spektrometre küvetine alınır. 750 nm (A_{750}) ve 665 nm (A_{665})'deki absorbanslar etanole karşı okunur. 665 nm'deki absorpsiyon 0,001 ile 0,8 birim arasında olmalıdır. Bunu sağlamak için süzülen su hacmi, ekstrakt hacmi, seyreltme, optik dalga boyu gibi işlemler ayarlanmalıdır. Bu amaçla başlangıçta 0,5 l numune alınarak 50 mm

çapında filtre kağıdı, 20 ml etanol ve 5 cm'lik küvet kullanılır. Belirli hacimde ekstrakt genellikle 5 ml'den 10 ml'ye kadar her 10 ml ekstrakt hacmi için 0,01 ml hidroklorik asitle asitlendirilir, karıştırılır ve 5-30 dakika sonra 665 nm ile 750 nm'deki absorbanslar ölçülür.

Hesaplama

Klorofil *a* derişimi ρ_c $\mu\text{g/L}$ olarak aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\text{Klorofil } a \text{ derişimi, } \rho_c = \frac{A - A_a}{K_c} \times \frac{R}{R-1} \times \frac{10^3 \times V_e}{d \times V_s}$$

Burada:

A: $A_{665} - A_{750}$ asitlendirmeden önce ekstraktın absorbansı,

A_a : $A_{665} - A_{750}$ asitlendirmeden sonra ekstraktın absorbansı,

V_e : Ekstrakt hacmi l,

V_s : Süzülen numune hacmi ml,

K_c : Klorofil *a* için özel spektral absorpsiyon katsayısı (82 l/ $\mu\text{m.cm}$),

R: Asitlendirmeye feofitine dönüştürülen saf klorofil *a* çözeltisi için A/A_a oranı (1,7)

d: Optik hücrenin uzunluğu, cm,

10^3 : V_e 'ye uyarlamak için büyüklük faktörü.

Sonuçlar $\mu\text{g/L}$ olarak virgülden sonra tek basamaklı veya iki anlamlı rakamla verilir.

Örnek: (Klorofil *a* derişimi: 5,5 $\mu\text{g/L}$)^[19].

2.6. Örneklerin Teşhisi

Fitoplankton örneklerinin teşhisinde kullanılan taksonomik literatur ve teşhis anahtarları Tablo 2.4'te yer almaktadır.

Tablo 2.4: Taksonomik literatur ve teşhis anahtarları

Fitoplankton Türleri	Referanslar
Chlorophyta	[20], [21], [22], [23]
Cryptophyta	[23], [24]
Cyanophyta	[20], [23], [25], [26], [27]
Pyrrophyta	[20], [28]
Euglenophyta	[20], [23]

3. FİTOBENTOZ

Fitobentoz sucul ekosistemlerde önemli bir bileşendir ve bir su kütlesindeki fitobentoz kompozisyonu o su kütlesinin durumu ve uygun yönetim stratejileri ile ilgili faydalı bilgiler sağlar. SÇD, ekolojik durum değerlendirilmesi için kullanılan fitobentozun bir kalite unsuru olarak izlenmesini gerektirir.

Fitobentoz terimini etimolojik olarak doğru kullanmak gerekirse, bu terim tüm fototrofik organizmaları içerir ancak bunun içine mikroskobik tek hücreli canlılardan 2m'den uzun makrofitlere kadar bütün organizmalar girer^[29]. SÇD'de fitobentoz "makrofit ve fitobentoz" olarak adlandırılan biyolojik kalite unsurunun bir parçasıdır. Buna göre de fitobentoz terimi bentik floranın makrofitik olmayan bileşenlerini içinde barındırır. Ancak bu hala tartışmaya açık bir konudur çünkü "makrofit" tanımı hala belirsizliğini korumaktadır.

Bu durum göz önünde bulundurulduğunda makrofit ve fitobentoz ayrımının hiçbir bilimsel temele dayanmadığını kabul etmek ve bu terimler altında bulunan taksonlar arasında da örtüşme olabileceğini kabul etmek en kolay yollardan biridir. Bir yandan *Cladophora glomerata* makrofit tanımına uyan bentik bir alg olmasına rağmen öte yandan bir nehirde bulunan fitobentozlar arasındaki ilişkiyi anlama açısından araştırma metodunun bir parçası olarak briyofitlerin ve damarlı bitkilerin de teşhis edilmesi yararlı olabilir^[30].

Su kalitesini değerlendirmek için fitobentozu kullanan yöntemler pek çok Avrupa ülkesinde ve Amerika'da geliştirilmiştir. Fitobentozun bir grubu olan diatomun örnekleme ve analizine ilişkin yöntemler halihazırda uyum aşamasındadır^[29]. Çünkü diatomlar fitobentozun en önemli bileşenini temsil ettiği için yüzeye bağlı diatom topluluklarının taksonomik kompozisyonu pek çok ülkede ekolojik kalite oranı hesaplamasında kullanılmaktadır ve SÇD su kalitesi değerlendirmesini basit, anlaşılır ve güçlü olması gerektiğini savunmaktadır^[31]. Bu

yüzden fitobentoz başlığı altında diatom topluluklarına yönelik örnekleme, analiz ve değerlendirme yöntemlerine değinilecektir.

SÇD Ek 5; nehir ve göllerde ekolojik durumun değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken fitobentoz kalite unsuruna ilişkin kriterleri (kompozisyon ve bolluk) Tablo 3.1.'de özetlemektedir.

Tablo 3.1: SÇD'ye göre su kütlelerinde izlenmesi gereken fitobentoz kriterleri^[7]

Fitobentoz	Nehirler	Göller
Kompozisyon	X	X
Bolluk	X	X

3.1. Örnekleme Noktalarının Belirlenmesi

3.1.1. Nehirler

Örnekleme için nehir yatağında doğal olarak bulunan ve hareket edebilen sert substratların (çakıllar, iri çakıllar ve büyük taşlar) bulunduğu kesitler seçilmelidir. Genel bir kural olarak bu kesit 10 m uzunluğunda olmalıdır. Ancak nehrin fiziksel olarak homojenlik gösterdiği ve substratın mevcut olduğu durumlarda bu kesit 10 m'den daha uzun olabilir. Doğal sert yüzeyler çeşitlilik göstermekle birlikte öncelikli olarak taşlık bölgeler tercih edilmelidir.

Sert yüzeylerin doğal olarak bulunmadığı yerlerde ise iskele ve köprü (ahşaptan yapılmadığı sürece) gibi yapıların mevcut olduğu yerler örnek almak için tercih edilebilir. Ayrıca nehir içerisinde çevresel faktörlere bağlı olmak üzere en az dört hafta kadar kalmış tuğla gibi sert yüzeyler de örneklemede kullanılabilir.

Substratın ince silt ve kumdan oluştuğu ve sert substratın bulunmadığı daha derin nehirlerde ise öfotik bölgeye bırakılmak kaydıyla yapay substratların kullanılması tavsiye edilmektedir. Ayrıca diatomlar su altı makrofitlerinden de toplanabilir.

Örneğin alındığı yere ait (konum, genişlik, derinlik, substrat tipi, makrofitlerin bulunma yüzdesi, gölge gibi) detaylı bilgilerin toplanması gerekmektedir. Ayrıca örnekleme alanının fotoğrafının çekilmesi bölgeye ait verilerin yorumlanması ve daha sonraki örnekleme yapacak kişilere yardımcı olması açısından tavsiye edilmektedir^[32].

3.1.2. Göller

Göllerde diatom örneklemesine yönelik herhangi bir Avrupa Standardı bulunmamakla birlikte konu ile ilgili olarak DALES Projesi göllerde diatom örneklemesine yönelik aşağıda belirtilen tavsiyelere yer vermektedir:

- Göllerde diatom örnekleri herhangi bir su girişinden ya da insan etkisinden uzakta bulunan litoral bölgeden alınmalıdır.
- Substratlar örnekleme yapmadan önce en az 4 hafta boyunca su altında kalmış olmalıdır.
- Öfotik bölgede kalmak şartıyla, kasık çizmesi ile örnekleme yapılabilen tüm derinlikler uygundur. Bu şartları taşımak kaydıyla, örneğin hava ile temas etmediğinden emin olunduğu sürece derinlik kriteri önemli görülmemektedir.
- Aynı zamanda göllerde örnekleri kıyıda toplamak da gerekli olabilir^[33].

Ayrıca APHA Standardında göllerde diatomlarla birlikte belirli bir substrat üzerinde bulunan filamentöz bakteriler, zooflagellatlar ve algler gibi canlı gruplarının tümünün oluşturduğu perifiton örneklemesine yer verilmiştir. Taşlar, sucul makrofitler ve su altında kalan yüzeylerde yaşayan bu mikroorganizmalar göllerde kirlenici etkilerini değerlendirilmesi açısından çok yararlıdır. Perifiton örneklemesinde göl, rezervuar ve diğer durgun su kütlelerinde örnekleme istasyonları atık deşarjına yakın ve kirlenmeden etkilenmemiş bölgelere yerleştirilmelidir. Kirlilikten etkilenmiş örnekleme istasyonlarının kontrolü için aynı su derinliği ve kıyıda aynı uzaklığa sahip örnekleme noktaları oluşturulmalıdır^[34].

3.2. Örnekleme Sıklıkları

Örnekleme sıklığı izleme programına, sınıflandırma sistemlerinin gerekliliklerine ve kalite unsuruna bağlı olarak değişmektedir. Kalite unsurları için minimum izleme gereklilikleri SÇD’de gözetimsel izleme kısmında yer almaktadır (Tablo 3.2)^[13].

Tablo 3.2: Gözetimsel izleme kapsamındaki kalite unsurları ve minimum izleme sıklıkları^[7]

Kalite Unsuru		Nehirler	Göller	Geçiş Suları	Kıyı Suları
Biyolojik	Fitobentoz	3 yıl	3 yıl	-	-
Fizikokimyasal	Termal Koşullar	3 ay	3 ay	3 ay	3 ay
	Oksijenlenme	3 ay	3 ay	3 ay	3 ay
	Tuzluluk	3 ay	3 ay	3 ay	-
	Nütrient Durumu	3 ay	3 ay	3 ay	3 ay
	Asitlenme Durumu	3 ay	3 ay	-	-

SÇD Ek 5; 1.3.4, aşağıdaki hususları dikkate alarak izleme sıklıklarına ilişkin gereklilikleri özetlemektedir:

- Daha geniş izleme aralıkları teknik bilgi ve uzman görüşü temelinde gerekçelendirilmediği müddetçe gözetimsel izleme için fizikokimyasal kalite unsurlarının göstergesi olan izleme parametreleri için yukarıda bahsedilen sıklıklar kullanılmalıdır. Biyolojik kalite unsurları için, her bir gözetimsel izleme sezonu boyunca en az bir kez izleme yapılır.
- Operasyonel izlemede, belirli bir kalite unsuruna ait durumun güvenilir bir şekilde değerlendirilmesi için yeterli veriyi sağlamak amacıyla herhangi bir parametre için gereken izleme sıklığı Üye Devletler tarafından belirlenir. Standart bir kural olarak, daha geniş izleme aralıkları teknik bilgi ve uzman görüşü temelinde gerekçelendirilmediği müddetçe, tabloda gösterilen aralıklar aşılmadan izleme yapılmalıdır.

- Sıklıklar, kabul edilebilir bir güvenilirlik ve kesinlik seviyesine ulaşmak amacıyla belirlenmektedir. Kullanılan izleme sisteminden elde edilen güvenilirlik ve kesinlik tahminleri nehir havzası yönetim planlarında belirtilecektir.
- İzleme sıklıkları hem doğal nedenler hem de insan etkisi sonucu ortaya çıkan parametrelerdeki değişkenliği de göz önüne alacak şekilde belirlenmektedir. İzlemenin yapılacağı sezon, mevsimsel değişkenliğin sonuçlar üzerinde en az etkiyi bırakacağı zamana göre belirlenmektedir. Böylelikle sonuçlarda, insani baskılar sonucu ortaya çıkan değişiklikler nedeniyle su kütlesinde oluşabilecek değişiklikler yansıtılmış olur. Bu amaç doğrultusunda, gerekli olduğu durumlarda, farklı mevsimler boyunca ek izlemeler de yapılmaktadır^[7].

SÇD gerekliliklerinin ülkemizde uygulanma çalışmaları henüz başlangıç aşamasındadır. İzlemenin doğru bir şekilde yapılmasını sağlayacak ekiplerin azlığı, ülkemizin yüzölçümünün diğer Avrupa Birliği Üye Devletlerine göre büyüklüğü, arazi koşullarının durumu ve ekonomik sebepler başlıca zorluklar arasında yer almaktadır. Bu durumda en az iş gücü kullanılarak ve en ekonomik kararlar verilerek en isabetli tahminlerin yapılması büyük önem taşımaktadır. Limnolojik açıdan bakıldığında da bir su kütlesini temsil edecek en az sayıda noktadan örnekleme yapılması gerekliliği düşünülerek izleme sıklıklarına karar verilmesi gerekmektedir.

Bu yüzden su kütlelerinde diatom izlemesinin fitoplankton izlemesi ile aynı zamanlarda yılda iki kez (Nisan ve Eylül) olacak şekilde gerçekleştirilmesi tavsiye edilmektedir.

3.3. Örnekleme Metodolojisi ve Kullanılan Ekipmanlar

3.3.1. Kullanılan Ekipmanlar

Arazide diatom örneklemesinde kullanılacak ekipmanlar aşağıdaki gibidir:

- Suda kullanmaya uygun güvenlik ekipmanları,
- Kasık çizmesi,

- Sert diş fırçası ya da bıçak,
- 20x30 cm ya da daha büyük plastik tepsi,
- Kapağı sıkıca kapanabilen örnekleme şişeleri,
- Silinmez kalem ya da sudan etkilenmeyecek etiketler,
- Ucunda sıkı dokunmuş ağı olan uzun saplı çapa (dikey ortamda sert yüzeylerden örnekleme yapılacaksa),
- Akuaskop^[32].

3.3.2. Örnekleme Metodolojisi

Göllerde diatom örneklemesine yönelik herhangi bir Avrupa Standardı bulunmamakla birlikte, diatom örneklemesine yönelik standartlar genellikle nehirler için hazırlanmıştır. DALES Projesi kapsamında nehirlerde diatom örnekleme yöntemlerinin göller için uygun olup olmadığı tartışılmıştır. Elde edilen bilgiler ışığında aşağıda yer alan nehirlerde diatom örnekleme yöntemlerinin yanında, bu yöntemlerin göllerde de uygulanıp uygulanamayacağı belirtilmiştir.

3.3.2.1. Hareket Edebilen Doğal Sert Yüzeyler (Nehirler ve Göller)

Genellikle substrat örneklemesi için iri çakıllar tercih edilir çünkü bunlar yerlerinin değişebilmesi sayesinde substratın hareketsizlik özelliğini dengeler (diatom topluluklarının gelişmesine izin verir). Bunların yerine çakıllar ve diğer büyük taşlar da kullanılabilir. Ancak bir bölgede iri çakıllar bulunmuyorsa bunun yerine 5 tane daha küçük taş ya da 10 tane küçük çakıl kullanılabilir. Yaklaşık olarak 10 cm² lik bir alanın fırçalanması gerekir. Eğer daha az sayıda substrat varsa bu durum not edilmelidir.

Aşağıdaki mikrohabitat koşullarının sağlanması gerekir:

- Yoğun gölgelerin olduğu yerlerden kaçınılmalıdır (eğer bu mümkün değilse bu durum ile ilgili not alınmalıdır). Nehir kıyısına çok yakın olan bölgelerden de kaçınılmalıdır.
- Substrat üzerinde yaşayan toplulukların çevresiyle uyum sağlamasına izin verecek kadar su altında kalmış olmalıdır. En azından substratın dört hafta su

altında kalması tavsiye edilir ancak bu durum çevresel koşullara bağlıdır. Yüzeyler havayla maruz kalmadığı sürece derinlik çok önemli değildir. Tüm derinlikler öfotik bölgede kaldığı müddetçe, kasık çizmesiyle kolaylıkla örnekleme yapılan tüm derinlikler örnekleme yapmaya uygundur.

- Örnekler nehrin ana kolundan alınmalıdır. Akışın çok yavaş olduğu bölgelerden (yaklaşık olarak $<20 \text{ cm.s}^{-1}$) kaçınılmalıdır çünkü bu bölgeler bir yüzeye yapışık olmayan diatomların, siltin ve diğer kalıntıların birikmesine neden olur.

Örnekleme sahası içinde farklı noktalardan substrat toplanmalıdır. Ancak bu substratın yukarıda bahsedilen şartları sağlaması gerekmektedir. Bu özelliklere ait substratın çok miktarda bulunduğu yerlerde ise rastgele ya da tabakalaşmış örnekleme stratejilerini kullanmak uygun olabilir.

Yüzeyde bulunması muhtemel kontaminasyonu (organik kalıntı vs.) ortadan kaldırmak için substrat akan suda yıkanmalı ve içinde 50 ml nehir suyu bulunan bir tepsiye konmalıdır. Sert bir diş fırçası temiz nehir suyu ile yıkanır ve yüzeyi fırçalanır. Bu şekilde daha önceki örneklerden kaynaklanabilecek kontaminasyon riski en aza indirilmiştir. Substratın üst kısmı dikkatli bir şekilde fırçalanır ve yüzeyden diatom filmi çıkarılır. Diatomların taşınması için de diş fırçası düzenli aralıklarla suda yıkanır.

Diatom filmini ortadan kaldırmak için bir bıçak ya da keskin bir alet kullanılır. Bu sayede yüzeye sıkı bir şekilde yapışmış olan diatomlar da yüzeyden çıkarılabilir, ancak pürüzlü yüzeyler üzerinde bulunan aralıklara bu şekilde ulaşmak mümkün olmayabilir. Bunun yanı sıra fröstüle zarar verilir ve bu da örneğin içinde daha çok taş parçalarının karışmasına neden olur. Ancak sonuçlarda miktar açısından bir farklılık görülmez. Bıçak da nehir suyuyla yıkanmalı ve tekrar kullanmadan önce temizlenmelidir.

Örnekleme yapmak için, %75'inden fazlası filamentöz alglerle kaplı olan substrat, üzeri alglerle kaplı olmayan substrata tercih edilir. Substrat fırçalanmadan önce filamentleri yüzeyden çıkarılmalıdır. Bu işleme nehirde başka substratlar

olarak tekrar edilir. İçindeki diatomlardan dolayı kahverengi ve bulanık olan su tepsideň ŐiŐeye boŐaltılır.

Örnekle ilgili detaylı bilgilerin yer aldığı etiket örnek Şişesine yapıştırılır. Örnek laboratuvarında serin ve karanlık bir yerde saklanır. Eğer örnekler 24 saat içinde laboratuvara gönderilmişse ve yukarıda bahsedilen hususlara dikkat edilmişse, koruyucu madde kullanmak zorunda kalınmaz. Eğer koruyucu kullanmak gerekiyorsa, arazide bu maddelerin kullanılmasını engelleyen sağlık ve güvenlikle ilgili durumlar olmadığı sürece, örnekler toplandıktan hemen sonra bunların eklenmesi gerekir. Koruyucu madde eklenmiş örneklerle çalışacak olan tüm kiŐilerin bu maddelerle ilgili bilgilendirilmesi gerekir.

3.3.2.2. Arazide Dikey Yüzeyler Oluşturarak Örnekleme Yöntemi (Nehirler)

Mikro habitat seçimine ilişkin hususlara mümkün olduğunca dikkat edilmelidir. Bu tür bir örnekleme düşük rakımlı arazilerde ve taşımacılık yapılabilen nehirlerde gerekli olduğu için, değişkenlik gösteren su seviyesi ve dalga hareketleri göz önünde bulundurulduğunda, 30 cm’de örnekleme yapılması tavsiye edilir.

Yüzeye gevŐek olarak bağlı olan materyallerden kurtulmak için çapa örnekleme yapılacak alanın önünde hareket ettirilir. Yüzeye yapışık olan diatomları kaldırmak için çapanın keskin bıçağı ile yüzey kazınır. Yaklaşık olarak 10 cm² lik bir alanın kazınması gerekir. apa bıçağına yapışık olarak bulunan diatom filmi kaldırılır ve içinde nehir suyu olan örnekleme Şişesinin içine konur. Bu işlem en az üç kez tekrarlanmalıdır.

3.3.2.3. Yapay Substrat Kullanımı (Nehirler ve Göller)

Cam preparatlar gibi pürüzsüz yüzeylere kıyasla girintili tuğlalar, aşınmış polipropilen halatlar gibi pürüzlü yüzeylerin kullanması tercih edilir. Bu materyaller, üzerinde yaşayan canlıların çevreleriyle uyum sağlamasına izin verecek kadar su altında bırakılmalıdır. En az dört haftalık bir süre tavsiye edilir ancak bu süre çevresel koşullara göre değişiklik gösterebilir ve bazı durumlarda substratın daha

uzun süre su altında kalması gerekir (oligotrofik koşullar, düşük sıcaklıklar ve yoğun gölgeler).

Detaylı yöntemler seçilen substrata göre değişiklik gösterir. Eğer girintili tuğlalar kullanılacaksa, örnekler hareket edebilir doğal sert yüzeyler yönteminde anlatıldığı şekilde toplanabilir. Aşınmış halatlar için, halatın son 5 cm'si makasla kesilir ya da diş fırçası ile fırçalandıktan sonra örnek kabına yerleştirilir. Yapay substratların doğru bir şekilde yorumlanmasının gerekli olduğu durumlarda yöntemlerin daha da detaylandırılması gerekir.

Su altına yerleştirilecek olan substratın nehirde yaşayan canlıların yaşamlarına zarar vermemesi için oldukça dikkatli olunması gerekir. Substratın su altında kaybolması ya da zarar görmesinin önüne geçmek için fazladan substrat yerleştirmek gerekir.

Yapay substratlar, aynı nehirde karşılaştırmalı çalışmalar yapmak için kullanılacaksa tüm substratların aynı koşullara tabii tutulması oldukça önemlidir. Su altında kalma süresi ve su altına yerleştirilme tarihinin de aynı olması gerekir. Bu şekilde hidrolojik olayların büyüyen diatom toplulukları üzerindeki etkisinin görülmesi sağlanmış olur.

3.3.2.4. Su Altındaki Makrofitlerden ya da Makroalglerden Örnek Toplama (Nehirler)

Bitkinin tamamı örneklenir, bu işlem beş kez tekrarlanır ve plastik bir torbaya koyarak laboratuvara götürülür. Yüzeğe bağlı bulunan diatomları çıkarmak amacıyla, içinde distile ya da demineralize su bulunan büyük bir beher kabında bitkiler hızlı bir şekilde sallanır ya da karıştırılır. Beher kabından makrofitler çıkartılır, diatomların dibe çökmesi beklenir ve yüzeyde kalan su boşaltılır.

Alternatif olarak bir bıçak ya da makas yardımıyla, su altındaki bitkilerden rastgele uzunluklarda parçalar kesilir ve bu parçalar örnekleme şişesine konur. Bu parçalar gerekirse laboratuvarında daha da küçük parçalara ayrılabilir. Gerekli olduğunda, makrofit parçaları ve bunlara yapışık olan diatomlar temizlenmek üzere bir deney tüpüne konulabilir. Filamentöz makroalglerde, bu materyaller hafifçe

sıkıştırılarak örnekleme şişesinde süspansiyon elde edilebilir (bu süspansiyon içinde epifitik diatomlar da bulunur).

3.3.2.5. Su Üstü Makrofitlerden Örnek Toplama (Nehirler ve Göller)

Belirli kısımları tamamen su altında bulunan ancak dip sedimenti ile kontamine olmamış makrofitlerden örnek alınması tavsiye edilir. Su seviyesindeki bitki gövdeleri kesilir ve örnekleme şişesi ya da cam bir kavanoz su altında bulunan kökün üzerine kapatılır. Şişenin ağzının altında kalan gövde kesilir. Sonra şişe tekrar düz çevrilerek ağzı kapatılır. Laboratuvarda, diatomları çıkarmak için bitki gövdeleri karıştırılır, kazınır ya da nazikçe fırçalanır. Eğer diatom filmi çok hassas değilse 5 ya da 6 bitki gövdesi kesilir ve bunlar doğrudan örnekleme kabına konur. Böylelikle şişeleri bitki gövdelerinin üzerine kapatmak zorunda kalınmaz^[32].

3.4. Örneklerin Muhafaza Edilmesi

Diatomların hücre bölünmesini durdurmak ve organik maddenin ayrışmasını engellemek için örneklere koruyucu maddelerin eklenmesi gerekmektedir. Eğer örnekler toplanmasının ardından birkaç saat içerisinde analiz edilecekse koruyucu madde eklemeye gerek yoktur. Kısa süreli muhafazalarda Lugol iyodu, uzun süreli muhafazalarda ise tamponlanmış formaldehit ya da etanol kullanımı tavsiye edilmektedir.

3.4.1. Tamponlanmış %4 (minimum) Formaldehit (HCHO) Çözeltisi

pH'ı 7'ye tamponlanmış bir çözelti içerisinde formaldehit stok çözeltisi %4'e seyreltilir. Uygun tamponlar HEPES, borat ve heksametilentetramin içermektedir. Son çözeltinin %1 ile %4 arasında olması tavsiye edilmektedir.

3.4.2. Lugol İyodu

2 g potasyum iyodür ve 1 g iyot kristali 300 ml saf ya da demineralize suda çözülür. Meydana gelen sıvı saman rengine ulaşır. Her 100 ml örnek için saman rengi oluşana kadar 1 ila 5 damla arasında Lugol iyodu kullanılır.

3.4.3. Etanol (C₂H₅OH)

Ayrıca %70'lik etanol de (C₂H₅OH) örneklerin muhafazası için kullanılmaktadır^[32].

3.5. Örneklerin Analizi

3.5.1. Kullanılan Ekipmanlar

- Numune tablası ve yüksek güçlü (100x) büyütmeye sahip imersiyon yağlı lensi bulunan ışık mikroskobu (Faz kontrastlı ya da farklı kondenserinin (Nomarski) bulunması tavsiye edilir. Mikroskop oküler gratikül gibi en az 1 µm çözünürlükte ölçümleri gerçekleştirebilecek donanıma sahip olmalıdır. Fotomikroskopi ya da video teşhisi zor olan türlerin belgelenmesi ve striae yoğunluğunun ölçülmesine faydalı olacaktır),
- Floralar, teşhis kılavuzları ve ikonograflar,
- İmersiyon yağı,
- Lens kağıtları,
- Toplanan verilerin kayıt altına alınması için gerekli sistem (Bu sistem takson listesi ve isimlerinin yer aldığı bir proforma sayım belgesi olabilir. Bu sayım belgesinde takson ve ismin yanında bir boşluk bulunur. Bu boşluklar da sayım için kullanılır. Bu sistem takson teşhislerinin ve sayılarının kayıt edildiği bir laboratuvar defteri ya da doğrudan veri girişini sağlayan bir bilgisayar programı olabilir),
- Zor örneklerin teşhisini doğrulamak için kullanılacak sistem (Bunun pek çok şekli olabilir. Örneğin çizimler kaliteli fotomikrograflar ya da çekilen video görüntüleri yeterli olabilir. Ancak örneklerin taşınabilir olması da önemlidir. Eğer taksonomik yardım mevcutsa mikroskobun Vernier ölçeğine koordinatların yazılması yeterli olabilir. Eğer başka bir mikroskop kullanılacaksa örneğin kesin konumunun kayıt edilmesi gerekli olabilir)^[35].

3.5.2. Örneklerin Hazırlanması

3.5.2.1. Ön Laboratuvar İşlemleri

Örnekler laboratuvara getirildikten sonra serin ve karanlık bir ortamda muhafaza edilmelidir ve süspansiyon halde bulunan materyalin çökmesi için en az 24 saat boyunca beklemeye bırakılmalıdır. Alternatif olarak örnek santrifüje konabilir. Örnek ilk olarak mutfak eleğinden geçirilerek geniş substrat ya da büyük bitkisel materyaller uzaklaştırılır. Bütün diatomların sedimantasyonunun gerçekleşmesi için gerekli olan hız ve zaman kullanılan santrifüjün özelliklerine bağlıdır. Seçilen hız ve zamanda üstte kalan kısmın içerisinde hiçbir diatom kalmamasını sağlamak için ön testler yapılmalıdır.

Eğer koruyucu madde kullanmak gerekiyorsa ve bunlar arazide eklenmemişse daha sonra mutlaka eklenmelidir. Korunmuş örnekler ile çalışacak olan tüm kişiler kullanılmış olan koruyucunun özellikleri ile ilgili bilgilendirilir.

Numunenin ön mikroskobik incelenmesi tavsiye edilmektedir. Çok sayıda boş firüstülün bulunması gibi durumlar not edilmelidir. Hazırlık sürecinde problemlerle karşılaşılması durumu düşünülerek örneklerin bir kısmı muhafaza edilmelidir.

3.5.2.2. Diatomların Temizlenmesi

Örnekler arasında kirlenme riskini en aza indirmek için her ekipmanın mümkün olduğunca temiz olmasına dikkat edilmelidir. Diatomların bir örnekten diğerine geçmemesi için karıştırma çubukları birden fazla örneğin karıştırılmasında kullanılmamalıdır. Damlalıklar sadece bir örnek için kullanılmalı ve ardından atılmalıdır.

Sıcak Hidrojen Peroksit Yöntemi

Kullanılacak ekipmanlar:

- Çeker ocak ya da muadili bir düzenek,
- Elektrik ocağı, kum banyosu ya da su banyosu,

- Beher ya da kaynatma tüpleri,
- 20 ml oksitleyici madde ölçüm araçları,
- Temiz damlalıklar,
- Santrifüj,
- Santrifüj tüpleri (diatomları temizlemek için kullanılan oksitleyici maddelere ya da asitlere dayanıklı).

Kullanılacak reaktifler:

- %30 hidrojen peroksit (H_2O_2) çözeltisi,
- Seyreltilmiş (1 mol/l) hidroklorik asit (HCl).

Örnek sallanarak homojen hale getirilir ve süspansiyonun 5 ml ila 10 ml'si beher ya da kaynatma tüplerine transfer edilir. Yaklaşık olarak 20 ml hidrojen peroksit ilave edilir ve elektrik ocağı, kum banyosu ya da su banyosunda yaklaşık 90 ± 5 °C'de bütün organik madde oksitlenene kadar genellikle 1 ila 3 saat arasında ısıtılır. Makrofit örneklerindeki büyük bitkisel materyaller 30 dakika sonra alınabilir. Zengin organik madde ve sucul bitkilerin üzerine ısıtma işlemi sırasında soğuk konsantre hidrojen peroksit eklenirken ve ısıtma işlemi sırasında dikkatli olmak gerekmektedir.

Beher ya da kaynatma tüpleri ısıtma işleminden alınarak kalan hidrojen peroksit ve karbonatları uzaklaştırmak için birkaç damla hidroklorik asit eklenir. Saf ya da demineralize su ile beher yüzeyleri yıkanarak çeker ocakta soğumaya bırakılır.

Beher ya da kaynatma tüpleri santrifüj tüplerine aktarılır ve üzeri distile ya da demineralize su ile doldurularak santrifüj gerçekleştirilir. Üstte kalan kısım başka bir kaba boşaltılır ve dipte kalan kısım distile suyla tekrar çalkalanarak santrifüj tekrarlanır.

Yıkama işlemi en az üç kez olacak şekilde ya da hidrojen peroksit tamamen uzaklaşınca kadar tekrar edilmelidir. Hidrojen peroksit ve asit tamamen uzaklaştığında arda kalan diatom tanecikleri az miktarda saf ya da demineralize su ile karıştırılarak temiz ve küçük şişelere aktarılır. Birkaç damla %4'lük formaldehit,

hidrojen peroksit ya da etanol damlatılarak bakteriyel gelişimler önlenerek uzun zaman muhafaza edilebilir.

Soğuk Hidrojen Peroksit Yöntemi

Kullanılacak ekipmanlar:

Elektrik ocağı, kum banyosu ya da su banyosu hariç olmak üzere sıcak hidrojen peroksit yönteminde yer alan tüm ekipmanlar bu yöntemde kullanılmaktadır.

Sıcak hidrojen peroksit yöntemi takip edilir ancak örneğin olduğu beher ısıtma yerine en az dört gün boyunca bekletilir. Oksidasyonu hızlandırmak için beherler güneş ışığına ya da UV lambasının altına konur ve ardından beher santrifüj tüpüne boşaltılarak sıcak hidrojen peroksit yöntemindeki işlemlere devam edilir.

Sıcak Hidrojen Peroksit ile Potasyum Dikromat Yöntemi

Kullanılacak ekipmanlar:

Sıcak hidrojen peroksit yönteminde kullanılan ekipmanlar bu yöntemde de kullanılmaktadır.

Kullanılacak reaktifler:

Sıcak hidrojen peroksit yöntemine ek olarak potasyum dikromat kristali ya da potasyum permanganat kullanılmaktadır.

Örnek sallanarak homojen hale getirilir ve 2 ml ila 5 ml yoğun süspansiyon behere aktarılır. 50 ml hidrojen peroksit eklenerek çeker ocağı altında elektrik ocağında 90 °C'de tüm organik madde oksitlenene kadar yarım saat ile 3 saat arasında ısıtılır. Zengin organik madde ve sucul bitkilerin üzerine ısıtma işlemi sırasında soğuk konsantre hidrojen peroksit eklenirken ve ısıtma işlemi sırasında dikkatli olmak gerekmektedir.

Beher ısıtma işleminden alınarak spatulanın ucu ile potasyum dikromat eklenir ve birkaç dakika içinde çözelti berrak mavimsi yeşil rengini alır. Eğer çözelti

hala bulanık görünüyorsa birkaç damla hidroklorik asit eklenerek kalan hidrojen peroksit ve karbonatın uzaklaştırılması sağlanır. Saf ya da demineralize su ile beher yüzeyleri yıkanır. Eğer hala geniş miktarda karbonat mevcutsa 20 ml konsantre hidroklorik asit eklenerek yavaşça ısıtılır. Beher santrifüj tüpüne boşaltılarak sıcak hidrojen peroksit yöntemine devam edilir.

Hidrojen peroksit ve asit tamamen uzaklaştığında arda kalan diatom tanecikleri az miktarda saf ya da demineralize su ile karıştırılarak temiz ve küçük şişelere aktarılır. Birkaç damla %4'lük formaldehit, hidrojen peroksit ya da etanol damlatılarak bakteriyel gelişimler önlenerek süresiz olarak muhafaza edilebilir.

Soğuk Asit (Permanganat) Yöntemi

Kullanılacak ekipmanlar:

- Çeker ocak,
- 5 ml ila 10 ml hacminde asit ve oksitleyici madde ölçü araçları,
- Damlalıklar,
- Santrifüj.

Kullanılacak reaktifler:

- Seyreltilmiş (1 mol/l) hidroklorik asit (HCl),
- Konsantre sülfirik asit (H₂SO₄),
- Potasyum permanganatın (KMnO₄) ya kristal hali (her örnek için yaklaşık 0,1 g ila 0,5 g) ya da potasyum permanganatın doymuş çözeltisi (her örnek için 1 ml ila 2 ml),
- Doygun oksalik asit (C₂H₂O₄): Yaklaşık olarak 10 g oksalik asit kristali 100 ml saf ya da demineralize suda karıştırılırken yavaşça ısıtılır ve soğumaya bırakılır. Oksalik asit kristalleri çökelecektir. Eğer bu durum gerçekleşmezse biraz daha oksalik asit eklenir ve ısıtma ile soğutma aşamaları tekrarlanır.

Örnek sallanarak homojen hale getirilir ve 5 ml ila 10 ml süspansiyon santrifüj tüpüne konur. Eğer örnekte kalsiyum varlığı mevcutsa ya da

şüpheleniliyorsa köpürene kadar seyreltilmiş hidroklorik asit damlatılır. Saf ya da demineralize su eklenerek santrifüj gerçekleştirilir.

Dikkatli bir şekilde 5 ml konsantre sülfirik asit eklenir. Yaklaşık olarak 0,1 g katı potasyum permanganat ya da birkaç damla doymuş potasyum permanganat çözeltisi eklenir ve kristallerin çözülmesi için yavaşça çalkalanır. Süspansiyon bu aşamadan sonra mor renge ulaşacaktır. Eğer potasyum permanganat kristalleri kullanılacaksa bir sonraki adıma geçmeden önce tamamen çözülmüş olduğundan emin olunmalıdır.

Örneğe yavaşça 10 ml doymuş oksalik asit eklenir ve sonucunda genel olarak beyazlamış diatom kabukları elde edilir. Saf ya da demineralize su eklenerek santrifüj gerçekleştirilir. Yaklaşık olarak dakikada 3000 devir olacak şekilde 5 dakika boyunca yapılacak santrifüj yeterli olacaktır.

Saf ya da demineralize su tekrar eklenerek karıştırılır. Santrifüj, süspansiyondan asiditenin uzaklaştırılması için en az üç kez tekrarlanır. Üstte kalan kısım nötr olduğunda arda kalan diatom tanecikleri az miktarda saf ya da demineralize su ile karıştırılarak temiz ve küçük şişelere aktarılır. Birkaç damla %4'lük formaldehit, hidrojen peroksit ya da etanol damlatılarak bakteriyel gelişimler önlenerek süresiz olarak muhafaza edilebilir.

3.5.2.3. Kalıcı Preparatların Hazırlanması

Temizlenmiş diatom süspansiyonu uygun bir konsantrasyona seyreltilir. Işığa tutulduğunda ince partiküller süspansiyonda görülebilir olmalıdır. Eğer konsantrasyon çok konsantre gözüküyorsa saf ya da demineralize su eklenerek konsantrasyonu düşürülebilir. Lamel üzerinde süspansiyonun bir damlası buharlaştırılarak diatom kabuklarının yoğunluğu kolaylıkla kontrol edilebilir ve 400x orta büyütme objektifinde analiz edilebilir. Eğer süspansiyon çok seyreltikse örneğin tekrar santrifüj edilerek diatomların konsantre olması sağlanmalı ya da diatomların çökmesi beklenerek üstte kalan kısmın boşaltılması gerekmektedir.

Temiz materyalin süspansiyonunu içeren küçük şişe sallanır. Temiz bir damlalık kullanılarak süspansiyonun bir kısmı tüpün merkez kısmından alınır. Bir

damlası yeni bir lamele konulur. Lameli sıcak ve desikatör gibi tozsuz bir ortama bırakarak ya da elektrik ocağında yavaşça ısıtarak sıvının buharlaşması sağlanır ve lamel üzerinde kül renginde iki üç tane ince filmin oluşmasıyla sonuçlanır.

Lamelin soğuması beklenir ve mikroskobun altında analiz edilir. İdeal olarak hazırlık, 1000x büyütmede alan başına 10 ila 15 valf arasında olacak şekilde yapılmalıdır. Eğer preparat içinde alan başına düşen valf sayısı çok fazla ise parçalanmış diatomlardan oluşan seyreltilmiş örneklerle işlem tekrar edilir.

Preparat etiketlenir ve etiket üzerinde örnekleme yapılan yer ve örnekleme tarihinin yanı sıra preparatın diğer bilgilerle ilişkilendirilmesini sağlayan kodların da yer alması gerekir^[32].

3.5.3. Sayım

3.5.3.1. Analiz İçin Taksonomik Kriterlerin Belirlenmesi

Diatom taksonomisinin temelleri ile ilgili son tartışmalar terminolojide farklı sistemlerin birlikteliğine yol açmıştır. Su kalitesi değerlendirmesi için diatomlar kullanılırken önemli olan diatoma doğru ismin verilmesi hakkında bir karışıklık durumunun giderildiğinden emin olunmasıdır.

Bir çalışma için kabul edilebilir taksonominin en düşük düzeyi verilerin amaçlanan kullanımları ile belirlenir. Çoğu kirlilik indeksleri tür seviyesinde teşhis gerektirirken bazı indeksler cins seviyesinde ya da cins ve tür seviyeleri karışık olarak kullanılabilir.

Çalışma alanı ile ilgili kapsamlı bir floranın terminolojisini benimsemek tavsiye edilir ancak diatomların ulusal ya da bölgesel kontrol listesini kullanmak da mümkündür. İndeks ve kontrol listesinde taksonomik kabuller farklılık gösterdiğinde, indeksin kabulleri kontrol listesine göre uyarlanmalıdır. Bu önceden yapılmalıdır ve doğru terminoloji standart işletim prosedürlerine kayıt edilmelidir. Taksonomik yetkililer potansiyel bir terminolojik karışıklığın olduğu her durumda atıfta bulunmalıdır.

3.5.3.2. Sayım İçin Birimlerin Belirlenmesi

Zaman içerisinde diatomların sayımı için, temel birim olarak valflerin veya früstüllerin kullanımı ya da valflerin ve früstüllerin arasında ayırım yapılmaması gibi farklı kabuller geliştirilmiştir. Bu kabullerin etkisi nihai sonuçlar üzerinde resmi olarak değerlendirilmemiştir ancak uzmanlar tarafından bu etkinin küçük olacağına inanılmaktadır. Bununla birlikte kabulün önceden belirtilmesi önemlidir. *Achnanthes* ve *Navicula* gibi bazı küçük diatom türlerinde bozulmamış früstüller ve ayrıık valfler arasında ayırım yapmak her durumda mümkün olmayabilir.

3.5.3.3. Örnek Büyüklüğünün Belirlenmesi

Diatoma dayalı kirlilik indekslerini hesaplamak için gerekli olan birimlerin sayısı hangi verilerin kullanılacağına bağlıdır. Tipik bir sayım büyüklüğü 300 ila 500 birim arasındadır ve daha düşük ya da yüksek sayılar bazı amaçlar için uygun olabilir. Bazı uygulamalar için gerekli olan istatistiksel kesinlik düşük sayılarda olmayabilir. Minimum ve maksimum birimlerin sayısı çalışmanın amacına uygun olmalı ve önceden belirtilmelidir. Standart işletim prosedürleri hangi alternatif prosedürlerin hangi durumlarda kullanılacağını belirtmelidir. Bazı durumlarda kozmopolitan taksonun örneğe üstün geldiği ya da indeks hesaplamasında kullanılmayan taksonun örneğe üstün geldiği zamanlar olabilir. Bu gibi durumlarda hedef sayım büyüklüğü yalnızca hesaplamalarda yer almış taksonlarda uygulanmalıdır. Ancak indeks hesaplamalarında yer almayan taksonlar da sayılmalıdır çünkü bunlar indeks sonuçlarının yorumlanmasında önemli katkıda bulunabilir.

3.5.3.4. Mikroskobun Hazırlanması

Oküler gratikül ya da diğer ölçüm ekipmanı numune tablası ölçerine karşı düzenli olarak kalibre edilmelidir. Kalibrasyonun sonuçları diğer mikroskop kullanıcılarının da görebileceği bir konumda gösterilmelidir. 1 µm çözünürlük rutin analizler için yeterlidir.

İkinci okülerin sayıma yardımcı olması için ikinci bir gratikülü bulunabilir. Bunun pekçok şekli vardır (örneğin kare grid, H şekli, Whipple alan gibi). Önemli

olan nokta bir diatomun birden fazla sayılmamasını sağlamaktır. Sayıma ilişkin seçenekler aşağıdaki gibidir:

- Dikey ya da yatay kesitte her bir diatom teşhis edilir ve oküler gratikül üzerindeki çizgilerden geçtikçe toplama eklenir.
- Görüş alanı içinde ya da gratiküllerin gridleri içindeki tüm görünebilir diatomlar teşhis edilir ve yatay ya da dikey kesitten bir sonraki alana geçmeden önce ya da rastgele bir şekilde yeni bir görüş alanı seçmeden önce sayılır.
- Gerekli diatom birimlerinin toplam sayısı titizlikle tanımlandıktan sonra bu yaklaşımların bir kombinasyonu düşünülebilir. Hedefe yakın bir yere kadar görüş alanı içinde sayımla başlanır ve arkasından da kesit boyunca sayım yapılarak bitirilir.

Her durumda toplam sayıya ulaşılan kadar süreç devam ettirilir.

Diatomun kısmen sayım alanı içinde bulunduğu durumlarla ilgili başka bir kural vardır. Örneğin bu kural, yatay kesitlerde üst sınırdaki kısmen görünen taksonlar ya da dikey kesitte sol sınırdaki bulunan taksonlar için uygulanabilir. Örneklerin analizinde tutarlılık bu kuraldan daha önemlidir.

Yatay ya da dikey bir kesit kullanıldığında birbirini takip eden kesitlerdeki görüş alanlarının birbirleri ile çakışmaması önemlidir. Numune altlığının hareket ettirildiği uzaklık, bir görüş alanı içinde kısmen görünen diatomlar için ayrıca dikkate alınmalıdır. Eğer örneğin analizi tek bir seferde bitirilemiyorsa Vernier ölçeği kullanılarak her bir kesitin konumunun kayıt altına alınması faydalıdır. Bu şekilde birbirini takip eden kesitler daha önce bitirilen kesitlerle çakışmaz.

3.5.3.5. Parçalanmış ve Teşhis Edilemeyen Diğer Diatomların İşlenmesi

Kırılmış valf ya da früstül parçalarının sayıma dahil edilme riskini ortadan kaldırmak için çalışmaya başlamadan önce tutarlı bir yaklaşıma karar verilmelidir. Bunun için aşağıdaki yollar izlenebilir:

- Eğer parçalanmış bir bireyin yaklaşık olarak dörtte üçü mevcutsa bu birey sayıma dahil edilir.
- Eğer en az bir kutup ve merkezi alan mevcutsa parçalanmış birey sayıma dahil edilir.
- Parçalanmış bireyler dahil edilmez.

Belirgin bir merkezi alanı olmayan taksonlar için ikinci maddenin uygulanması zordur. Bu koşullar altında, mevcut birey sayısı kaydedilen kutup sayısının ikiye bölünmesiyle ortaya çıkan sayıdır. Diatomların çok sayıda küçük parçasının olması, mabadan yıkanarak gelen ölü diatomların mevcudiyetini belirtir.

Diatomlar iskelet görüntülerinden dolayı, üstlerini örterek net görüntüyü engelleyen materyallerin varlığından dolayı ya da analiz uzmanlarının taksonları tanıyamamasından dolayı teşhis edilemezler. Eğer diatomların üstünü örten madde birçok valfi gizlerse, daha seyreltik süspansiyonlar kullanılarak ya da diatomları kontaminantlardan ayırmak için çöktürme süreleri tekrar ayarlanarak yeni bir preparatın hazırlanması gerekir.

Bazı taksonlar iskelet görüntülerinden tanımlanabilir çünkü ya diatom iskeletinin *Rhoicosphenia abbreviata* gibi karakteristik bir görüntüsü vardır ya da bir örnekte bulunan taksonların valf görüntüleri ile iskelet görüntüsü belirli bir taksonla eşleşiyordur. Ancak bu durum her zaman mümkün olmayabilir. Eğer şüphe duyuluyorsa, analiz uzmanı iskelet görüntüsünü güvenle teşhis edebileceği en düşük düzeyde, örneğin tanımlanamayan *Gomphonema* sp. şeklinde kayıt etmelidir.

Bu kabul preparatta bulunan ve analiz uzmanı tarafından teşhis edilemeyen diğer bireylere de uygulanmalıdır. Bunun gibi çok sayıda birey olması ya preparatın hazırlanmasında ya da analiz uzmanının teşhis becerilerinde bir sorun olduğunu gösterebilir. Kullanılacak yaklaşım önerilen değerlendirme yöntemine bağlıdır. Kullanılacak bazı indeksler için bütün taksonların teşhis edilmesine gerek yoktur. Örnekteki tüm taksonların teşhis edileceğini varsayan indeksler için önerilen yaklaşım şudur: toplam sayının yüzde on ikisi ya da daha azı, tür düzeyinde teşhis edilememiş bireylerden oluşmalıdır. Cins ya da hem cins hem tür karışımına dayalı

indeksler için toplam sayımın yüzde beşi ya da daha azı, en az cins düzeyinde teşhis edilememiş bireylerden oluşmalıdır.

3.5.3.6. Analitik İşlem

“Diatom birimi” kavramı duruma bağlı olarak valf ya da früstül yerine kullanılabilir.

- Preparat numune altlığına yerleştirilir ve preparat etiketi üzerindeki bilgileri bir belgeye ya da bilgisayar programına aktarılır. Etiket üzerinde olması gereken bilgiler; örnek sayısı, nehrin adı, sahanın adı ve örneğin alındığı tarihtir. Bunlara ek olarak, analiz tarihi ve analizi yapan kişinin adının da bilinmesi gerekir.
- Preparat üzerinde uygun bir başlangıç noktası seçilir. Kurutulmuş örnek süspansiyonunun kenarı uygun bir başlangıç noktası olarak önerilir. Ancak bu yöntem kullanılacaksa, “kenar etkisi” olmadığından emin olunması gerekir. (örneğin taksonlar, kurutulmuş süspansiyon üzerinde, bir kenarda diğerine kıyasla daha yoğun bir şekilde bulunabilir).

Kesit kullanımına alternatif olarak rastgele alanlar da kullanılabilir. Bu yaklaşım kullanıldığı takdirde, rastgele alanlar Vernier ölçeği kullanılarak, mikroskop üzerinde belirlenir. Belirleme işlemi bilgisayar programları ya da elektronik hesap makinelerinde bulunan rastgele sayı tabloları ya da rastgele sayı fonksiyonu ile yapılır.

- Yüksek güçlü objektif kullanarak ilk görüş alanı içindeki tüm birimler teşhis edilir. Tek valf ve intakt früstül arasındaki ayrımı yapmak için ince odak mekanizması kullanılmalıdır. Eğer temel sayım birimi valf ise, intakt früstülün iki birim olarak kayıt edilmesi gerekir.

Stria, rafe ve diğer yapılar açıkça görülmek istendiği zaman, intakt früstül üzerinde iki ayrı odak düzlemi olması gerekir. İnce odak mekanizmasının dikkatli bir şekilde kullanılması, yukarıda bahsedilen unsurlar arasında ayırım yapılmasına fırsat verir. İntakt früstülün tek valfe göre farklı optik özellikleri vardır.

Bazı durumlarda görülen filamentler, bunlara karşılık gelen diatom birimlerinin sayısı kadar kayıt edilmelidir. Eğer filamentlerde çok sayıda diatom birimi bulunursa, daha güçlü bir oksitli madde karışımı ile yeni bir hazırlık yapılmalıdır.

- Eğer bir diatom birimi herhangi bir nedenden dolayı teşhis edilemiyorsa, 3.5.3.4.'te bahsedilen kabüller dikkate alınır. Bu durumda fotoğraflar, dijital görüntüler alınmalı ya da çizimler yapılmalıdır. Diatom biriminin şekli ve boyutları, stria yoğunluğu ve dizilimi (merkezde ya da kutuplarda), merkezi alanın şekli ve büyüklüğü, noktacıkların sayısı ile konumu ve rafe uçlarının görünümüne ilişkin notlar alınmalıdır.
- İlk görüş alanı içindeki tüm taksonlar kayıt edildikten sonra, sayım devam etmeli ve tüm diatom birimleri teşhis edilip sayıldıktan sonra veri listesi ya da programa aktarılmalıdır. Bu süreç istenilen diatom birimi sayısına ulaşılan kadar devam ettirilmelidir.
- İstenilen diatom birimi sayısına ulaşıldıktan sonra, preparat detaylı bir şekilde incelenir. Sayıma dahil edilmeyen ancak inceleme esnasında karşılaşılan taksonlar da teşhis edilmeli ve “mevcut” olarak kayıt edilmelidir. Orta güçte büyütme ile (400x) yapılan daha detaylı inceleme, yüksek büyütme oranlarında gözden kaçan büyük taksonların (*Gyrosigma*, *Didymosphenia*) kayıt edilmesi için faydalı olacaktır.
- Analizin sonunda, preparat numune altlığı üzerinden kaldırılır ve fazla immersiyon yağı objektiften ve preparattan silinir.
- Bazı durumlarda kademeli bir yaklaşım uygulanabilir. İlk hedefe ulaşılmaz (örneğin 300 diatom birimi), baskın taksonun oranı not edilir. Analizi yapan kişi, bir sonraki hedefine ulaşana kadar, not aldığı takson dışındaki taksonları saymaya devam eder. Bir sonraki hedef ise baskın olan taksonu toplamdan çıkartmaktır. İlk hedefe ulaşıldıktan sonra, baskın olan takson sayısı, temsil edilme oranına bağlı olarak artar.

Örneğin, eğer *Cocconeis placentula* toplam 300 birim içinden 200 birime karşılık geliyorsa, kademeli yaklaşım gereği toplam birim sayısı 300 olana kadar *C. placentula* dışındaki taksonlar sayılır. *C. placentula*'nın örnek içindeki nispi

bolluğunu görmek için *C. placentula*'nın sayısı 3 ile çarpılır. Böylesi bir yaklaşım, sub-dominant taksonların istatistiksel açıdan anlamlı sayılarının ortaya çıkarılmasına izin verir. Bu yaklaşım, kullanılan değerlendirme yöntemine bağlıdır ve hangi durumlarda kullanılması gerektiği de detaylı olarak kılavuzlarda yer almalıdır^[35].

3.6. Örneklerin Teşhisi

Diatom örneklerinin teşhisinde kullanılan taksonomik literatur ve teşhis anahtarları Tablo 3.3'te yer almaktadır.

Tablo 3.3: Taksonomik literatur ve teşhis anahtarları

Taksonomik literatur ve teşhis anahtarları	Referans
Hustedt (1930)	[36]
Huber-Pestalozzi (1942)	[37]
Cox (1946)	[38]
Krammer ve Lange-Bertalot (1985)	[39]
Krammer ve Lange-Bertalot (1986)	[40]
Krammer ve Lange-Bertalot (1988)	[41]
Krammer ve Lange-Bertalot (1991a)	[42]
Krammer ve Lange-Bertalot (1991b)	[43]

4. METRİKLER/İNDEKSLER

Metrik, insan etkisi nedeniyle ampirik olarak değişiklik gösterdiği gözlemlenen biyolojik sistemin ölçülebilir bir parçası ya da sürecidir. Metrik, biyolojik toplulukların insan faaliyetlerine karşı gösterdiği spesifik ya da tahmin edilebilir tepkileri yansıtmaktadır. Bu tepkiler ya tek bir etki faktörüne karşı gösterilen bir tepkidir ya da bir havzadaki insan etkisi sonucu ortaya çıkan çoklu bozulmaların kümülatif etkilerine karşı gösterilen bir tepkidir. Metrikler, tepki verdikleri baskılardan bağımsız olarak, biyolojik toplulukların karşılaştırılabilir ekolojik boyutlarını dikkate almaktadır^[44].

SÇD tarafından tanımlanan en önemli hususlardan bir tanesi iyi ekolojik durumun Avrupa çapında aynı seviyedeki ekolojik kaliteyi temsil ettiğini sağlamak için Avrupa çapında bir karşılaştırma ya da interkalibrasyon çalışması yürütmektir. Her bir Üye Devlet tarafından belirlenen iyi ekolojik sınıf sınır değerlerinin, Direktifteki sınır değerlerinin tanımı ile tutarlı olması ve diğer Üye Devletler tarafından önerilen sınırlarla karşılaştırılabilir olmasını sağlamak üzere tasarlanmıştır. Yüzey suyu ekolojik kalite durumu değerlendirme sistemlerinin interkalibrasyonu yasal bir yükümlülüktür.

İnterkalibrasyon çalışmaları her bir Üye Devletin biyolojik kalite unsurları için kullandığı izleme sistemlerinin sınıflandırma sonuçlarında tutarlılık ve karşılaştırılabilirlik hedeflemektedir. Bunu başarmak için, SÇD Ek 5'inde belirtilen sınıf sınır değerlerinin normatif tanımları ile tutarlı olacak şekilde çok iyi/iyi durum, iyi/orta durum arasındaki sınıf sınır değerleri için her bir Üye Devlet ekolojik kalite oranlarını belirlemek zorundadır.

Avrupa Birliğindeki 27 Üye Devlet bu sürecin içerisinde yer almaktadır. Norveç ise bu sürece gönüllü olarak katılmıştır. Göller, nehirler, kıyı ve geçiş suları için uzman grupları oluşturulmuş ve bu gruplar 14 coğrafi interkalibrasyon grubuna

bölünmüştür (Tablo 4.1). Bu 14 grup farklı alt bölge ya da eko bölgelerde aynı su kütlesi tiplerine sahiptir^[45].

İnterkalibrasyon çalışmaları, biyolojik kalite unsurları için tüm Üye Devletlerdeki değerlendirme yöntemlerinde çok iyi/iyi ve iyi/orta sınır değerlerinin farklı ekosistemlerde karşılaştırılabilir seviyede olmasını amaçlar. Bu süreç yalnızca, çok benzer değerlendirme yöntemleri kapsamında ortak ekolojik kalite oranı (EQR) sınıf sınır değerleri kararlaştırılmış ise ya da farklı değerlendirme yöntemlerinin sonuçları uygun dönüştürme faktörü ile normalleştirilmişse işe yarar. Farklı değerlendirme yöntemleri (biyolojik unsur göstergesi olarak farklı parametreler kullanılması gibi) baskıya karşı farklı tepki eğrileri gösterebilir. Dolayısıyla, aynı seviyedeki etki ölçüldüğünde farklı EQR'lar ortaya çıkar^[48].

Her bir coğrafi interkalibrasyon grubundaki interkalibrasyon çalışmaları, bazı biyolojik kalite unsurları için EQR sınıf sınır değerleri oluşturmak üzere SÇD ile uyumlu verilerin ve değerlendirme yöntemlerinin olduğu Üye Devletler için tamamlanacaktır. Halihazırda veri ve değerlendirme yöntemleri olmayan ya da interkalibrasyon çalışmalarına aktif olarak katılmayan devletler, interkalibrasyon çalışmalarından çıkan sonuçları kabul etmeli ve mevcut çalışmaların sonuçlarını dikkate alarak kendi değerlendirme yöntemlerini bu çalışmalarla uyumlu hale getirmelidir.

SÇD, interkalibrasyonun temeli olarak, her bir ekobölgede bulunan bir dizi yüzey suyu kütlesi tipi arasından seçilmiş alanlardan oluşan bir “interkalibrasyon ağı”na atıfta bulunmaktadır. SÇD'ye göre, seçilen her bir yüzey suyu kütlesi tipi için çok iyi ve iyi durum arasındaki ve iyi ve orta durum arasındaki sınır değere tekabül eden en az iki alan, her bir Üye Devlet tarafından interkalibrasyon çalışmalarına dahil edilmelidir^[46].

Tablo 4.1: Coğrafi İnterkalibrasyon Grupları (GIG'ler)^[45,46,47]

GIG'ler	Tipoloji	GIG'leri oluşturan Üye Devletler
Nehirler		
Kuzey	R-N1, R-N3, R-N4, R-N5	Finlandiya, İrlanda, Norveç, İsveç, Birleşik Krallık
Orta Avrupa/ Baltık	R-C1, R-C2, R-C3, R-C4, R-C5, R-C6	Avusturya, Belçika, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Fransa, Almanya, İrlanda, İtalya, Letonya, Litvanya, Hollanda, Polonya, Slovenya, Slovakya, İspanya, İsveç, Lüksemburg, Birleşik Krallık
Alpler	R-A1, R-A2	Avusturya, Fransa, Almanya, İtalya, Slovenya, İspanya
Doğu Avrupa	R-E1, R-E2, R-E4	Avusturya, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Yunanistan, Macaristan, Romanya, Slovakya, Slovenya
Akdeniz	R-M1, R-M2, R-M4, R-M5	Kıbrıs, Fransa, Yunanistan, İtalya, Malta, Portekiz, Slovenya, İspanya
Göller		
Kuzey	LN1, LN2a, LN2b, LN3a, LN5a, LN6a, LN8a	Finlandiya, İrlanda, Norveç, İsveç, Birleşik Krallık
Orta Avrupa/ Baltık	L-CB1, L-CB2, L-CB3	Belçika, Danimarka, Litvanya, Hollanda, Polonya, Birleşik Krallık, Estonya, Fransa, Letonya, Almanya, Macaristan
Atlantik	L-A1/2	İrlanda, Birleşik Krallık
Alpler	L-AL3, L-AL4	Avusturya, Fransa, Almanya, İtalya, Slovenya
Akdeniz	L-M5/7, L-M8	Kıbrıs, Fransa, Yunanistan, İtalya, Portekiz, Romanya, İspanya
Kıyı ve Geçiş Suları		
Baltık	CWB0, CWB2, CWB3, CWB12, CWB13, CWB14	Danimarka, Almanya, Finlandiya, İsveç, Letonya, Litvanya, Estonya, Polonya
Kuzey Doğu Atlantik	CW-NEA1/26a, CW-NEA1/26b, CW-NEA1/26c, CW-NEA1/26d, CW-NEA1/26e, CW-NEA3/4, CW-NEA7, CW-NEA8, CW-NEA9, CW-NEA10, TW-NEA11	Portekiz, İspanya, Fransa, İrlanda, Birleşik Krallık, Belçika, Hollanda, Almanya, Danimarka, İsveç, Norveç
Akdeniz	CW-M1, CW-M2, CW-M3, CW-M4	İspanya, Fransa, İtalya, Slovenya, Yunanistan, Kıbrıs, Malta, Hırvatistan
Karadeniz	CW-BL1	Bulgaristan, Romanya

“Ortak metrik” kavramı ilk kez Buffagni ve ark.^[49] tarafından nehir makroomurgasızlarına ilişkin ulusal sınıflandırma şemalarını uyumlaştırmak üzere sundukları teklifte dile getirilmiştir. Buffagni ve ark. İnterkalibrasyon Ortak Metriğini (ICM) şu şekilde tanımlamıştır: Farklı ülkeler/nehir tipleri arasında karşılaştırılabilir bilgi elde etmek için kullanılan, ya bir coğrafi interkalibrasyon grubu (GIG) için ya da birden fazla coğrafi interkalibrasyon grubu arasında uygulanabilen bir biyolojik metriktir. Bu tanımla birlikte, ortak metriklerin en önemli özelliği ulusal değerlendirme yöntemlerinin karşılaştırılabilmesi için geniş coğrafi alanlarda kullanılabilirliği olmuştur. Böylelikle ortak metrikler, hem biyolojik değerlendirmeye ilişkin indekslerin belirli özelliklerini kendine katmış hem de interkalibrasyon sürecinin belirli gerekliliklerini karşılayabilmiştir.

İnterkalibrasyonun ilk aşaması (faz-I) 2008’de tamamlanmış olup iyi ekolojik durumun ulusal sınırlarının uyumlaştırılması gibi sonuçları Avrupa Komisyonu tarafından yayımlanmıştır. İlk aşamada, aşağıda belirtilen biyolojik kalite unsurlarının en azından bazı göstergeler için interkalibrasyonu yapılmıştır: kıyı sularında fitoplankton, bentik omurgasızlar, angiosperm ve makroalgler; nehirlerde bentik omurgasızlar ve diatomlar; göllerde makrofitler ve fitoplankton. İnterkalibrasyonun devam eden aşamasının temel adımları ortak metriklerin geliştirilmesini (Nisan 2010 sonuna kadar), interkalibrasyon ölçütlerinin tanımlanmasını (Ekim 2010 sonuna kadar) ve ulusal sınıf sınırlarının uyumlaştırılmasını (Nisan 2011’e kadar) içermektedir^[44].

İnterkalibrasyonun ikinci aşaması ise (faz-II) göller için tamamlanmış olup 2014 yılı Şubat ayında resmi olarak yayımlanmıştır. Nehir, kıyı ve geçiş suları için şu an taslak halde bulunan interkalibrasyon faz-II çalışmalarının tamamlanıp en yakın zamanda yayımlanması beklenmektedir^[50].

Ülkemizin Avrupa Birliği aday ülke statüsünde bulunması dolayısıyla interkalibrasyon çalışmalarına katılma zorunluluğu bulunmamaktadır. Ancak ülkemizde Avrupa Birliği uyum süreci çerçevesinde su kütlelerinde SÇD gerekliliklerinin uyumlaştırılması çalışmaları sürdürülmekte olup biyolojik kalite unsurlarının analizleri neticesinde su kalitesinin ekolojik olarak değerlendirilmesi amacıyla biyolojik indekslere ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut bir değerlendirme

yöntemi olmayan ülkelerin interkalibrasyon çalışmalarından çıkan sonuçları kabul etmesi ve mevcut çalışmaların sonuçlarını dikkate alarak kendi değerlendirme yöntemlerini bu çalışmalara uyumlu hale getirmesi gerektiği gerçeği bilinmektedir.

Ülkemiz coğrafi interkalibrasyon grupları açısından bakıldığında Yunanistan, Kıbrıs, İtalya, İspanya, Malta ve Portekiz gibi ülkelerin yer aldığı Akdeniz interkalibrasyon grubu ile Bulgaristan ve Romanya'nın yer aldığı Karadeniz interkalibrasyon grubunun içerisinde yer almaktadır. Bilinmektedirki, diğer Avrupa Üye Devletlerine göre yüzölçümü açısından oldukça büyük ve coğrafi iklimleri bakımından oldukça çeşitlilik gösteren ülkemizi Akdeniz ve Karadeniz GIG'leri başlı başına kapsayabilecek durumda değildir. Ayrıca her interkalibrasyon grubunda bütün kalite unsurlarına yönelik interkalibrasyon çalışmaları yürütülmemektedir. Örneğin Karadeniz interkalibrasyon grubu henüz sadece kıyı ve geçiş sularında çalışma yürütürken Akdeniz interkalibrasyonunda nehirler için fitoplankton çalışmaları yürütülmemektedir veya kıyı suları için Akdeniz interkalibrasyon grubunda fitoplankton kalite unsuruna yönelik bölgesel tipolojiler belirlenmiştir. Ayrıca interkalibrasyon çalışmaları güncel olarak devam ederek sürekli kendini yenilemektedir.

Mevcut durumlar göz önünde bulundurulduğunda, fitoplankton ve fitobentoz kalite unsurlarının şu an güncel halde bulunan interkalibrasyon faz-II Akdeniz ve Karadeniz interkalibrasyon grubu çalışmaları ile birlikte düşünülmesi sonucunda su kütlelerinde metrikler açısından faydalanılabilecek ilk yöntem olan interkalibrasyon gruplarına ait mevcut çalışmalar ve tipolojileri Tablo 4.2'de belirtilmektedir. Tipoloji kriterlerine, kalite unsurlarına yönelik metriklerden bahsedilirken değinilecektir.

İnterkalibrasyon çalışmaları sonucunda elde edilen metriklerin yanında faydalanılabilecek ikinci yöntem olarak WISER ve STAR Projeleri gibi Avrupa çapında yürütülen ve ekolojik durumun değerlendirilmesine büyük ölçüde katkı sağlayan projelerin sonucunda oluşturulmuş indeksler düşünülebilir. Örneğin WISER Projesi kapsamında, farklı su kütleleri için (göller, geçiş ve kıyı suları) ve farklı biyolojik kalite unsurları için (fitoplankton, makrofit, makroalg, angiosperm, bentik omurgasız ve balık) değerlendirme sistemleri geliştirilmiştir ve bu gelişmeler aynı zamanda bağlantılı olarak interkalibrasyon çalışmalarına da katkı sağlamaktadır.

Aynı şekilde STAR Projesi kapsamında nehir su kütlelerinde ekolojik durumun belirlenmesine yönelik olarak fitobentoz, makroomurgasız, makrofit ve balık kalite unsurları üzerinde indeksler açısından büyük çaplı çalışmalar yürütülmüştür.

Tablo 4.2: İnterkalibrasyon çalışması yürütülen kalite unsurları ve mevcut tipolojiler^[51,52,53,54]

Faz-II Tipolojileri	Akdeniz İnterkalibrasyon Grubu		Karadeniz İnterkalibrasyon Grubu	
	Fitoplankton	Fitobentoz	Fitoplankton	Fitobentoz
Nehir	-	RM1, RM2, RM3, RM4, RM5	-	-
Göl	L-M5/7, L-M8	-	-	-
Geçiş Suyu	-	SÇD'ye göre izlenmemektedir	-	SÇD'ye göre izlenmemektedir
Kıyı Suyu	Type I, Type II-A, Type II-A Tyrrhenian, Type II-A Adriatic, Type III-W, Type III-E, Type Island-W	SÇD'ye göre izlenmemektedir	CW-BL1	SÇD'ye göre izlenmemektedir

Sonuç olarak fitoplankton ve fitobentoz kalite unsurlarına yönelik indeksler açısından ülke olarak faydalanabilecek çalışmalar arasında yer alan Akdeniz ve Karadeniz interkalibrasyon grubu çalışmaları, WISER Projesi ve STAR Projesinin çalışma yürüttüğü su kütleleri ve kalite unsurlarına yönelik bilgiler Tablo 4.3'te yer almaktadır. Tablo 4.3'e bakıldığında gerek interkalibrasyon çalışmaları gerekse Avrupa Birliği projeleri kapsamında nehirlerde fitoplankton ve göllerde fitobentoz izlemesinin tam olarak gerçekleştirilmediği açıkça görülmektedir.

Çünkü çoğu ülke nehirde fitoplankton ve gölde fitobentoz izlemesi gerçekleştirilmemektedir. Bunun nedeni olarak nehirlerde fitobentozun, göllerde ise fitoplanktonun daha iyi bir kalite unsuru olarak kullanılması gösterilebilir. Bu durum dışında, biyolojik kalite unsuru ve yüzeysel su kütlesi ilişkisine bakıldığında en az bir

çalışma kapsamında ülke olarak faydalanabilecek ortak uygulama stratejilerinin bulunduğu görülebilir.

Tablo 4.3: Su kütleleri ve biyolojik kalite unsurlarına yönelik Avrupa’da yürütülen çalışmalar

Su	Fitoplankton			Fitobentoz		
	İnterkalibrasyon	WISER	STAR	İnterkalibrasyon	WISER	STAR
Nehir	-	-	-	+	-	+
Göl	+	+	-	-	-	-
Geçiş	-	+	-	SÇD’ye göre izlenmemektedir.		
Kıyı	+	+	-	SÇD’ye göre izlenmemektedir.		

4.1. Fitoplankton Metrikleri/İndeksleri

4.1.1. Nehirler

Fitoplankton, ötrofikasyon baskısına tepki veren ilk biyolojik topluluk ve su sütunundaki nütrient konsantrasyonlarında bulunan biyolojik kalite unsurlarının en doğrudan göstergesi olarak düşünülmektedir. Buna karşılık fitoplankton topluluğu, oldukça çeşitli ve dinamik olmasıyla da tanınmaktadır^[55].

Fitoplankton için hızlı akışa sahip nehirler iyi habitatlar değildir çünkü su sütununun içinde bulunan organizmalar sürekli olarak mansaba doğru gider ve yer değiştirir. Ancak düzlük arazilerde akan geniş nehirler kendi fitoplankton topluluklarını geliştirebilirler. Bunlar potamoplankton olarak bilinirler ve nehrin uzunluğu boyunca su parsellerinde görülürler. Buna karşılık daha küçük, daha sığ ve daha hızlı akan nehirlerde görülen alg topluluklarının çoğu, suyun kendilerini sürüklemesini engellemek için güvenli bir substrata yapışık olan filamentöz algler şeklinde kendini gösterir ya da kaya, çamur, ağaç parçası ve sucul makrofit gibi yüzeyleri kaplayan mikroskobik alg filmlerinde kendini göstermektedir^[18].

Avrupa Birliği Üye Devletlerinin nehir su kütlelerinde yürütmüş olduğu fitoplankton çalışmalarına bakacak olursak sadece altı Üye Devletin nehirlerinde fitoplankton izlediği görölmektedir (EK 4.1)^[56].

Ayrıca, belirli bir kalite unsurundaki doğal değişkenliğin yüksek seviyede olması nedeniyle söz konusu kalite unsuru için güvenilir referans değer belirlemek her zaman mümkün olmamaktadır. Böylesi bir durumda Direktif, söz konusu kalite unsurunun ekolojik durum değerlendirmesinden çıkarılmasına izin vermektedir. Yine aynı nedenle Birleşik Krallık'ta, nehir fitoplanktonunun nehirlerdeki ekolojik durum değerlendirmesinden çıkarılması tavsiye edilmektedir. Birleşik Krallık'taki nehirler daha büyük karasal nehirlerle kıyasla nispeten daha kısa ve hızlı akışa sahiptir. Sonuç olarak, gerçek fitoplankton toplulukları buralarda gelişim gösterememektedir^[57].

Hızlı akan ve küçük akarsularda gerçek fitoplankton toplulukları gelişmemektedir. Geniş yataklı, yavaş akan ve durgun nehirlerde gerçek fitoplankton topluluklarına ulaşılabilir. Bu tarz nehirlerde ise bir indeks oluşturulabilmesi için uzun dönemli ve çok sayıda veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Avrupa'da fitoplanktona yönelik indeks çalışmaları genellikle göller için yürütölmektedir ve ayrıca nehirlerde referans koşulların oluşturulması çok zordur. Bu yüzden SÇD uygulamalarının başında olan ölkemiz açısından ilk etapta nehirlerde fitoplanktonun bir kalite unsuru olarak izlenmesi tavsiye edilmemekle birlikte ilerleyen yıllarda oluşacak tecrübe ve yetişmiş eleman sayısı ile geniş yataklı, yavaş akan ve durgun nehirler için indeks çalışmalarının başlatılabileceği düşünölmektedir.

4.1.2. Göller

Göl yönetimi çerçevesinde fitoplankton; yerleşim, fabrikalar ya da noktasal olmayan kaynaklar gibi dış yüklemelerden etkilenen ilk topluluktur. Göl ekosisteminin durumundaki en hızlı ve en güçlü değişiklikler fitoplanktonda görölmektedir. Bu nedenle de fitoplankton, çevresel ötrofikasyon ve kirlilik açısından en sık kullanılan göstergedir^[58].

SÇD Ek 5, göllerdeki fitoplanktona ait ekolojik durumun biyokütle, kompozisyon ve patlama metrikleri kullanılarak değerlendirilmesini öngörmektedir. Avrupa'daki pek çok ülkede, göllerde fitoplanktona ilişkin ulusal değerlendirme sistemlerinde hala fitoplankton kompozisyonuna (ve patlamalarına) ilişkin metrikler bulunmamaktadır. Bu nedenle, Avrupa çapında SÇD'ye uygun ulusal değerlendirme sistemlerinin gelişimini hızlandırmak adına, fitoplankton kompozisyonuna yönelik metriklerin geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu metriklere, mevcut ulusal metriklerin interkalibrasyona dahil olmasını sağlayacak ortak metrikler de dahil edilmelidir^[59].

Akdeniz interkalibrasyon grubu faz-I ve faz-II çalışmaları kapsamında göller için toplam beş adet fitoplankton metriği kullanılmaktadır.

İnterkalibrasyon çalışmalarının yanı sıra WISER Projesinde göller için geliştirilmiş yedi adet fitoplankton indeksi bulunmaktadır. Bu indeksler interkalibrasyon faz-I çalışmalarından elde edilen verilere dayanmakta ve faz-II çalışmalarının geliştirilmesini hedeflemektedir. Ayrıca bu indeksler, içinde Akdeniz interkalibrasyon grubunun da bulunduğu birçok interkalibrasyon grubuna hitap etmektedir.

Diğer yandan Avrupa Birliği Üye Devletlerinin interkalibrasyon metrikleri ve WISER Projesi indeksleri dışında göl su kütlelerinin izlemesinde kendi ülkelerinde kullanmış olduğu fitoplankton indeksleri EK 4.2'de belirtilmiştir. Sonuç olarak; Akdeniz interkalibrasyon metrikleri, WISER Projesi indeksleri ve Avrupa Birliği Üye Devletlerinin bu indekslerden farklı olmak üzere kendi ülkelerinde kullanmış olduğu tüm fitoplankton indeksleri Tablo 4.4'te belirtilmiştir. Her bir indeksin istatistiksel analizlerinin uzun ve detaylı çalışmalar içermesinden dolayı indekslere ait referanslar belirtilerek, ülkemizin de içerisinde yer aldığı Akdeniz interkalibrasyon grubu ülkelerine ait literatur taraması yapılarak indeks uygulamalarına ilişkin kıyaslamalar neticesinde elde edilen verilere örnek teşkil edecek sonuçlara yer verilmiştir.

Tablo 4.4: Göllerde kullanılan indeksler

İndeks Türleri	İndeks İsmi	Referans
Akdeniz İnterkalibrasyon Faz-I Metrikleri	Klorofil <i>a</i>	[46]
	Toplam Biyohacim	[46]
	Siyanobakteri %'si	[46]
	Catalan Index (IGA)	[46]
	Med PTI	[46]
WISER Projesi İndeksleri	Klorofil <i>a</i>	[60]
	Phytoplankton Trophic Index (PTI)	[59]
	Size Phytoplankton Index (SPI)	[59]
	Morpho-Functional Group Index (MFGI)	[59]
	Functional Traits Index (FTI)	[59]
	Evenness Metric	[56]
	Siyanobakteri Bolluğu	[60]
Akdeniz İnterkalibrasyon Faz-II Metrikleri	NMASRP	[52]
	NITMET	[52]
	MASRP	[52]
Üye Devletlerde Yukarıda Yer Alan İndekslerden Farklı Olarak Kullanılan İndeksler	Brettum Index	[61]
	Phytoplankton Taxa Seen Index (PTSI)	[62]
	Q Index	[63]
	Phytoplankton Compound Quotient	[61]
	Pielou's Index of Evenness	[64]

Yeni yayımlanan interkalibrasyon faz-II raporunda yer alan NMASRP, NITMET ve MASRP metrikleri içerik olarak tamamı ile faz-I'de yer alan klorofil *a*, toplam biyohacim, siyanobakteri %'si, Catalan Index (IGA) ve Med PTI metriklerinin kombinasyonundan oluşmaktadır. Faz-II'de farklı olarak sadece NMASRP ve NITMET metriklerinde faz-I'de yer alan siyanobakteri %'si metriğinin yerine WISER Projesinde tavsiye edilen siyanobakteri bolluğu indeksine yer verilmiştir. Ayrıca faz-II'de klorofil *a*, toplam biyohacim, siyanobakteri %'si, Catalan Index (IGA), Med PTI ve son olarak WISER projesinin tavsiye etmiş olduğu siyanobakteri bolluğuna ilişkin referans değerler ve iyi/orta sınır değerlerine ait

sayısal veriler ayrıntılı olarak belirtilerek EQR hesaplamasına yönelik formüllere yer verilmiştir. Akdeniz interkalibrasyon grubunda yer alan göllere ait tipolojiler Tablo 4.5'te belirtildiği gibidir.

Tablo 4.5: Akdeniz interkalibrasyon grubu göl tipolojileri^[52]

Tip	Göl Karakterizasyonu	Rakım (m.)	Yıllık ort. yağış (mm.) T (°C)	Ort. derinlik (m)	Alan (km ²)	Su top. alanı (km ²)	Alkalinite (meq/l)
L-M5/7	Rezervuarlar, derin, geniş, silisli, "sulak" bölgeler	<1000	>800 ve/veya <15	>15	0,5-50	<20000	<1
L-M8	Rezervuarlar, derin, geniş, kalkerli	<1000	-	>15	0,5-50	<20000	>1

L-M5/7: Yunanistan, Fransa, İtalya, Portekiz, Romanya, İspanya

L-M8: Kıbrıs, Fransa, İtalya, Romanya, İspanya

Akdeniz interkalibrasyon grubunda yer alan ülkelerin yapmış olduğu çalışmaları birkaç örnek ile açıklayacak olursak;

- Thackeray ve ark. WISER Projesinde yer alan yedi metriğin Avrupa çapında Alpler, Kuzey, Orta Avrupa/Baltık ve ülkemizin de içerisinde yer aldığı Akdeniz interkalibrasyon grubunu kapsayan 32 göl üzerinde uygulanması sonucunda klorofil *a*, PTI ve siyanobakteri bolluğu indekslerinin kullanılabilirlik oranının yüksek olduğunu belirtmişlerdir^[65].
- Molina-Navarro ve ark. İspanya'ya ait Pareja limnarezervuarında gerçekleştirmiş oldukları çalışmada interkalibrasyon metrikleri arasında yer alan klorofil *a*, toplam biyohacim, siyanobakteri %'si, Catalan Index (IGA) ve Med PTI metriklerinin yanısıra WISER Projesinde yer alan PTI indeksi ile Üye Devletlerin kullanmış olduğu metrikler arasında yer alan Q indeksinin uygulanabilirliğini tartışmıştır. Çalışma neticesinde klorofil *a*, toplam biyohacim, Q indeksi ve PTI indeksinin kullanılabilir en uygun indeksler arasında yer aldığı belirtilmiştir^[66].

- Becker ve ark. ise İspanya’da bulunan Sau rezervuarında Q indeksinin başarılı bir şekilde uygulanmasına yönelik çalışmalar yürütmüştür^[67].

Ayrıca Üye Devletlerin kullanmış olduğu Brettum Index, Phytoplankton Taxa Seen Index (PTSI), Phytoplankton Compound Quotient ve Pielou’s Index of Evenness genellikle Alpler ve Orta Avrupa/Baltık interkalibrasyon gruplarında yer alan ülkelerde kullanılmakla birlikte Akdeniz interkalibrasyon grubu ülkelerinde bu indekslerin kullanımına yönelik yoğun çalışmalar bulunmamaktadır.

SÇD, göllerde fitoplanktonun biyokütle, bolluk ve kompozisyon açısından izlenmesini öngörmektedir. İnterkalibrasyon metriklerinin, WISER Projesi indekslerinin ve Avrupa Birliği ülkelerinde uygulanan diğer indekslerin Akdeniz interkalibrasyon grubunda yer alan ülkelerde denenmesi çalışmaları devam etmektedir. Yapılan çalışmalar ışığında, Akdeniz interkalibrasyon grubunda yer alan ve Avrupa Birliği Aday Ülke statüsünde bulunan ülkemiz için göllerde Tablo 4.6’da yer alan indekslerin denenmesi tavsiye edilmektedir.

Tablo 4.6: Göllerde denenmesi tavsiye edilen fitoplankton indeksleri

İndeks Türü	İndeks İsmi	Referans
Biyokütle	Klorofil <i>a</i>	[52]
Biyokütle	Toplam biyohacim	[52]
Bolluk	Siyanobakteri bolluğu	[52,60]
Kompozisyon	Q Index	[63]
Kompozisyon	PTI Index	[59]

İlk adım olarak yukarıda belirtilen indekslerin referans kaynaklarda yer alan tipoloji ve sınıf sınır değerleri dikkate alınarak göllerde uygulanması düşünülebilir. Ancak şu durum dikkate alınmalıdır ki, Akdeniz interkalibrasyon grubunda yer alan göl tipolojileri doğal göl olmamakla birlikte büyük ölçüde değiştirilmiş su kütlesi olan rezervuar özelliği göstermektedir. Doğal göllere yönelik bir interkalibrasyon çalışması Akdeniz bölgesinde gerçekleştirilememiştir.

Bunun nedeni şu şekilde açıklanmıştır: Akdeniz coğrafi interkalibrasyon grubunun çabalarına rağmen ortak tipte yeteri kadar gölün olmaması nedeniyle doğal Akdeniz göllerinin interkalibrasyonu yapılamamıştır. Doğru bir interkalibrasyon çalışması yapmak için belki de Akdeniz coğrafi interkalibrasyon grubunda ortak tipte asla yeterli sayıda doğal göl bulunmamaktadır.

Akdeniz ülkelerindeki problem değerlendirme yöntemlerinin olmayışı ya da bilgi eksikliğinden ziyade istatistiksel analiz yapmak için çok az sayıda olan ortak tipteki göl sayısıdır. Bu nedenle de JRC tarafından interkalibrasyon için önerilen metodolojinin kullanılması mümkün değildir^[68].

Bu sebeple, Q Index hariç olmak koşulu ile interkalibrasyon metrikleri, uygun tipolojiye ait rezervuarlarda kullanılabilir olup doğal göller için kullanılamayacaktır. Bu yüzden ikinci adım olarak yukarıda belirtilen interkalibrasyon metriklerinin doğal göllerimize uygulanarak, ortaya çıkacak sonuçlara göre referans koşul, iyi/orta ve çok iyi/iyi sınır değerlerinin yürütülecek projeler ile birlikte ülkemiz açısından yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir.

4.1.3. Kıyı ve Geçiş Suları

Su Çerçeve Direktifi uyarınca Üye Devletler deniz, kıyı ve haliç sularının ekolojik durumunu değerlendirmek zorundadır. Kompozisyon, bolluk ve biyokütle gibi fitoplankton topluluklarına ait unsurların da bu değerlendirmeye dahil edilmesi gerekmektedir^[69].

SÇD, fitoplankton kompozisyonu, bolluğu ve biyokütlesini ekolojik kalite durumunun sınıflandırmasında kullanılan biyolojik göstergeler arasında değerlendirmektedir. Aynı zamanda, fitoplankton patlamalarının sıklığı ve yoğunluğu da normatif tanımlarda yerini almaktadır. Bazı araştırmacılar bu konuyu değerlendirmek için farklı potansiyel göstergeler ve çok metrikli araçlar önerse de günümüzde fitoplankton kalite unsurunu tam anlamıyla kullanarak kıyı ve geçiş sularının ekolojik durumunun belirlenmesine ilişkin düzenleyici bir süreç bulunmamaktadır. Fitoplankton biyokütlesine ilişkin bir gösterge olarak, Üye

Devletler arasında değerlendirme yapmak için yalnızca klorofil *a* kabul görmüş bir metodoloji olarak kullanılmaktadır^[70].

Akdeniz ve Karadeniz interkalibrasyon gruplarında faz-I ve faz-II çalışmaları kapsamında toplam dört adet metrik kullanılmıştır. Bu metrikler sadece kıyı suları üzerinde uygulanmış olup Akdeniz ve Karadeniz interkalibrasyon gruplarında geçiş sularına ait herhangi bir metrik kullanılmamaktadır.

İnterkalibrasyon çalışmalarının yanı sıra WISER Projesinde kıyı ve geçiş suları için geliştirilmiş on bir adet fitoplankton indeksi bulunmaktadır. Bu indekslerin yedi tanesi multimetrik indeks olmakla birlikte geçiş suları için de kullanılabilir. Ayrıca bu indeksler birçok interkalibrasyon grubuna da hitap etmektedir.

Diğer yandan Avrupa Birliği Üye Devletlerinin interkalibrasyon metrikleri ve WISER Projesi indeksleri dışında kıyı ve geçiş suyu kütlelerinin izlenmesinde kendi ülkelerinde kullanmış olduğu fitoplankton indeksleri EK 4.3'te belirtilmiştir. Sonuç olarak; Akdeniz ve Karadeniz interkalibrasyon metrikleri, WISER Projesi indeksleri ve Avrupa Birliği Üye Devletlerinin bu indekslerden farklı olmak üzere kendi ülkelerinde kullanmış olduğu tüm fitoplankton indeksleri Tablo 4.7'de belirtilmiştir. Her bir indeksin istatistiksel analizlerinin uzun ve detaylı çalışmalar içermesinden dolayı indekslere ait referanslar belirtilerek, ülkemizin de içerisinde yer aldığı Akdeniz ve Karadeniz interkalibrasyon grubu ülkelere ait literatur taraması yapılarak indeks uygulamalarına ilişkin kıyaslamalar neticesinde elde edilen verilere örnek teşkil edecek sonuçlara yer verilmiştir.

Akdeniz interkalibrasyon grubunda yer alan kıyı sularına ait üç ana tipolojiye ait kriterler Tablo 4.8'de ve alt tipolojilere ait bilgiler Tablo 4.9'da belirtilmiştir. Karadeniz interkalibrasyon grubuna ait tipoloji ise Tablo 4.10'da belirtilmiştir.

Tablo 4.7: K1y1 ve geçiş sularında kullanılan indeksler

İndeks Türleri	İndeks İsmi	Su Kütlesi	Referans
Akdeniz İnterkalibrasyon Faz-I Metrikleri	Klorofil <i>a</i>	K1y1	[47]
Karadeniz İnterkalibrasyon Faz-I Metrikleri	Klorofil <i>a</i>	K1y1	[47]
	Fitoplankton Biyokütlesi	K1y1	[47]
	Fitoplankton Patlamaları (Geliştirilme ihtiyacı duyulmaktadır)	K1y1	[47]
WISER Projesi İndeksleri	Klorofil <i>a</i>	K1y1/Geçiş	[70]
	Patlama Sıklığı (Herhangi bir tek taksonun>750000 hücre/l olması durumu)	K1y1/Geçiş	[70]
	Piko-fitoplankton	K1y1/Geçiş	[70]
	Fitoplankton Pigmentleri	K1y1/Geçiş	[69]
WISER Projesi Multimetrik İndeksleri	Index of Size-Spectra Sensitivity of Phytoplankton (ISS-Phyto)	K1y1/Geçiş	[71]
	E.I Index for assessing eutrophication	K1y1/Geçiş	[72]
	UNTRIX	K1y1/Geçiş	[73]
	Phytoplankton Community Index (PCI)	K1y1/Geçiş	[74]
	Phytoplankton index of biotic integrity (P-IBI)	K1y1/Geçiş	[75]
	Integrated phytoplankton index (IPI)	K1y1/Geçiş	[76]
	A New Method for Phytoplankton Quality	K1y1/Geçiş	[77]
Akdeniz İnterkalibrasyon Faz-II Metrikleri	Klorofil <i>a</i>	K1y1	[54]
Karadeniz İnterkalibrasyon Faz-II Metrikleri	IBI Index	K1y1	[53]
Üye Devletlerde Yukarıda Yer Alan İndekslerden Farklı Olarak Kullanılan İndeksler	Toplam Biyohacim	K1y1	[78],[79],[80] [81],[82],[83]
	Litre Başına <i>Phaeocystis</i> hücreleri	K1y1	[84]

Tablo 4.8: Akdeniz interkalibrasyon grubu kıyı suları tipoloji kriterleri

Kriterler	Tip I	Tip II	Tip III
Yoğunluk (kg.m^{-3})	<25	25<d<27	>27
Yıllık Ortalama Tuzluluk (psu)	<34,5	34,5<d<37,5	>37,5

Tablo 4.9: Akdeniz interkalibrasyon grubu kıyı suları alt tipolojileri

Tip Tanımı		Ülkeler
Tip I	Tatlı su girişinden büyük ölçüde etkilenen	Fransa, İtalya
Tip II	A Tatlı su girişinden orta derecede etkilenen (kara etkisi)	Fransa, İspanya, İtalya, Slovenya
	B Atlantik sularından etkilenen	İspanya
Tip III	W Karasal kıyı, tatlı su girişinden etkilenmeyen	Fransa, İspanya, İtalya, Hırvatistan
	E Tatlı su girişinden hiç etkilenmeyen	Yunanistan, Kıbrıs

Tablo 4.10: Karadeniz interkalibrasyon grubu kıyı suları tipolojisi

Tip	Tuzluluk	Gelgit aralığı	Derinlik	Substrat
CW-BL1	Mezohaline	Microtidal	Sığ	Karışık

WISER Projesi kapsamında çalışılan yedi adet kıyı ve geçiş suyu multimetrik indeksinin testleri ve validasyon çalışmaları sonucunda klorofil *a* ve patlama sıklığı (tek takson sayımları) indekslerini içeren multimetrik indeks (A New Method for Phytoplankton Quality) validasyon açısından en iyi sonucu vermiştir^[85].

Aynı zamanda Akdeniz interkalibrasyon grubunda kullanılan klorofil *a* indeksi ile Karadeniz interkalibrasyon grubunda kullanılan klorofil *a* ve fitoplankton biyokütlesi bu durumu desteklemektedir.

Ancak Akdeniz interkalibrasyon grubunun 2011’de Roma’da düzenlemiş olduğu Med-GIG toplantısında, Akdenizli Üye Devletler aşağıdaki hususlarda bir anlaşmaya varmıştır:

- Klorofil *a* indeksi kıyı ekosistemleri için etkili ve ilgili bir biyolojik kalite unsurudur ve evrensel olarak kabul edilmiştir.
- Günümüzde ötrofikasyon, fitoplankton patlama sıklığı ve fitoplankton kompozisyon indeksleri arasındaki ilişki mekanizması bilinmemektedir.
- Bir biyolojik kalite unsuru olarak, fitoplankton patlama sıklığı ve topluluk kompozisyon indeksleri, Akdeniz’de yönetime ilişkin bilgi sağlaması açısından, klorofil *a*’dan daha fazla bilgi sağlamamaktadır. Bu, yönetim seviyesinde kullanılabilir değildir.

Sonuç olarak, fitoplankton topluluğu orta vadede su kalitesinin potansiyel bir göstergesi olarak kullanılmalıdır. Ancak, bugün sahip olunan bilgi düzeyi ile bunun yönetim için kullanılması tavsiye edilmemektedir^[54].

Su Çerçeve Direktifi kıyı ve geçiş sularında gerçekleştirilen izlemlerde fitoplanktonun biyokütle, bolluk ve kompozisyon açısından incelenmesini öngörmektedir. Ancak şu an kıyı ve geçiş sularında yürütülen izleme çalışmaları genellikle klorofil *a* ve fitoplankton biyokütlesi üzerinden sürdürülmekte olup patlama frekansı ve kompozisyon açısından indekslerin geliştirilmesi çalışmalarına devam edilmektedir.

Bu nedenlerden ötürü yapılan çalışmalar ışığında, Akdeniz ve Karadeniz interkalibrasyon gruplarında yer alan ve Avrupa Birliği aday ülke statüsünde bulunan ülkemiz için kıyı ve geçiş sularında Tablo 4.11’de yer alan indekslerin denenmesi tavsiye edilmektedir.

Tablo 4.11: Kıyı ve geçiş sularında denenmesi tavsiye edilen fitoplankton indeksleri

İndeks Türü	İndeks İsmi	İnterkalibrasyon Grubu	Referans
Biyokütle	Klorofil <i>a</i>	Akdeniz ve Karadeniz	[47]
Biyokütle	Toplam Biyokütle	Karadeniz	[47]

4.2. Fitobentoz Metrikleri/İndeksleri

4.2.1. Nehirler

AB Su Çerçeve Direktifi, fitobentozun da aralarında yer aldığı biyolojik yöntemler kullanarak nehirlerin ve göllerin izlenmesini ve durumlarının sınıflandırılmasını öngörmektedir. Avrupalı pek çok yazar fitobentozun, özellikle de diatomların nehirlerin izlenmesinde oldukça faydalı olduğunu düşünmektedir. Nehirlerde gerçek fitoplanktonun olmaması nedeniyle faydalı bilgiler sağlayan tek topluluk fitobentozdur^[86].

Günümüzde diatomlar nehirlerin ekolojik durumlarının değerlendirilmesinde bütün dünyada kullanılmaktadır. Diatomlar, Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'daki büyük çaplı uluslararası değerlendirme programlarında kullanılan değerli bir unsur haline gelmiştir. Nehirlerdeki çevresel koşulların bir göstergesi olarak diatomları kullanmak şu üç temel sebepten dolayı çok önemlidir: ekosistemdeki önemleri, çevresel koşulların göstergesi olarak kullanışlı olmaları ve kullanılmalarının kolay olması. Nehir ekosistemlerindeki diatomların önemi, onların besin zincirinde ve biyo-kimyasal döngüler arasındaki bağlantılarında üstlendikleri kilit rollerine dayanmaktadır^[87].

Avrupa Su Çerçeve Direktifi, Üye Devletlere akarsuların ekolojik durumlarının değerlendirilmesi için sucul ekosistemlerin analiz edilmesi gerektiğini tavsiye etmektedir. Bentik diatomlar, sayısal üstünlükleri ve türlerin ekolojik tercihlerine ilişkin ileri düzeyde bilimsel bilgi olması nedeniyle, en sık kullanılan alg grubu olmuştur. Pek çok Avrupa ülkesinde, diatom indeksleri geliştirilmiş ya da mevcut olan indeksler SÇD'ye uygun olacak şekilde değiştirilmiştir^[88].

Akdeniz interkalibrasyon grubu faz-I ve faz-II çalışmaları kapsamında nehirler için ICM metriği diatom sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.

Veriler, SÇD kapsamında yapılan interkalibrasyon çalışmalarının ilk aşamasında durum sınıf sınırlarını karşılaştırmak için geliştirilen fitobentoz ICM metriğini hesaplamak için kullanılıyordu. ICM, yaygın bir şekilde kullanılan iki

diatom indeksinin bir kombinasyonudur. Bu indeksler IPS (Spesifik Kirlilik Hassasiyet İndeksi/Indice de Polluosensibilite Specifique) ve TI (Trophik İndeks/Trophie index)'dir. IPS genellikle yüksek baskı seviyelerini göstererek düşük değerlerle “genel su kalitesi”ni değerlendirmek için kullanılırken TI, düşük değerlerin düşük nütrient konsantrasyonlarını gösterdiği trofik bir indekstir.

$$ICM = \frac{\frac{IPS}{IPS_{ref}} + \frac{(4-TI)}{(4-TI_{Ref})}}{2} \quad [89]$$

ICM metriğinde kullanılan Akdeniz interkalibrasyon grubu nehir tipolojileri Tablo 4.12’de belirtilmektedir.

Tablo 4.12: Akdeniz interkalibrasyon grubu nehir tipolojileri^[51].

Ortak İnterkalibrasyon Tipi	Tip Özellikleri	İnterkalibrasyon ortak tiplerini paylaşan Üye Devletler
RM1	Havza <100 km ² , karışık jeoloji (silisli olmayan hariç), büyük ölçüde mevsimsel	İspanya, Fransa, İtalya, Portekiz, Slovenya
RM2	Havza 100-1000 km ² , karışık jeoloji (silisli olmayan hariç), büyük ölçüde mevsimsel	İspanya, İtalya, Portekiz, Slovenya
RM3	Havza 1000-10000 km ² , karışık jeoloji (silisli hariç), büyük ölçüde mevsimsel	Üye Devletlerin kullandığı yöntemler arasında karşılaştırılabilirlik olmadığı için ve referans alanların sayısı yeterli olmadığı için bu tipin interkalibrasyonu yapılamamıştır.
RM4	Silisli olmayan nehirler, mevsimsel	İtalya, Kıbrıs, İspanya, Fransa
RM5	Sürekli akışı olmayan nehirler	İspanya, İtalya, Portekiz, Kıbrıs, Slovenya

İnterkalibrasyon çalışmalarının yanısıra indeksler konusunda faydalanılabilecek diğer bir yöntem olarak STAR Projesi kapsamında da kullanılmış ve birçok diatom indeksini bünyesinde barındıran OMNIDIA^[90] yazılım programı bulunmaktadır.

Pek çok diatom indeksi tür-çevre ilişkini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Bu hesaplama yaygın olarak kullanılan OMNIDIA yazılımı sayesinde kolaylaşmaktadır. OMNIDIA'daki indeksler çoğunlukla nehir diatomlarını kullanarak geliştirilmiştir ve akan sularda su kalitesi durum değerlendirmesinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır^[91].

Biyolojik izleme için bentik diatomların kullanılması diatom indekslerinin kullanılması fikrini gündeme getirir. Şu ana kadar, bir çift bireye ait değerleri (kirlilik toleransı ve stenoesi derecesi) belirli bir ortak takson grubuna verme fikri üzerine kurulu, Zelinka & Marvan (1961) yöntemine dayalı pek çok yöntem önerilmiştir^[92].

$$ID = \sum_{j=1}^n A_j \cdot I_j \cdot V_j$$

A_j: tür bolluğu

I_j: tür kirlilik indeksi

V_j: türün gösterge değeri ya da stenoesi derecesi^[93]

OMNIDIA yazılım programının 5.3 sürümü kullanılarak 18 diatom temelli indeks geliştirilmiştir. Belirlenen tüm biyotik indeksler Tablo 4.13'de verilmiştir.

Diğer yandan Avrupa Birliği Üye Devletlerinin interkalibrasyon metrikleri ve OMNIDIA indeksleri dışında nehir su kütlelerinin izlemesinde kendi ülkelerinde kullanmış olduğu diatom indeksleri EK 4.4'te belirtilmiştir. Akdeniz interkalibrasyon metrikleri ve OMNIDIA indekslerinin dışında Avrupa Birliği Üye Devletlerinin bu indekslerden farklı olmak üzere kendi ülkelerinde kullanmış olduğu diatom indeksleri ise Tablo 4.14'te belirtilmiştir.

Tablo 4.13: OMNIDIA indeksleri^[94]

Kısaltma	İndeks	Tanım
SPI	Spesifik Kirlilik İndeksi	Zelinka ve Marvan Formülü (1961); bilinen tüm tatlı su türleri kullanılır.
BDI	Biyolojik Diatom İndeksi	Zelinka ve Marvan Formülüne dayalı (1961); 209 ortak tür kullanılır.
CEC	Avrupa İndeksi	İki kat kalite gridine dayalı; 208 ortak tür kullanılır.
EPI-D	Ötrofikasyon Kirlilik İndeksi - Diatomlar	Türlerin hassasiyeti 0'dan 4'e kadar uzanan bütünlük bir indekstir ancak güvenilirlik puanı 1-5 arasındadır.
SLA	Sladecek İndeksi	Zelinka ve Marvan Formülüne dayalı (1961); 323 tür kullanılır.
GDI	Cins Düzeyinde Diatom İndeksi (Generic Diatom Index)	Cins düzeyinde teşhis gerektirir; tüm tatlı sular.
SDI	İsveç Diatom İndeksi	Zelinka ve Marvan Formülüne dayalı (1961); 188 tür kullanılır.
TDI	Trofik Diatom İndeksi	Zelinka ve Marvan Formülüne dayalı (1961); ötrofikasyonu teşhis etmek için tasarlanmıştır.
SHE	Steinberg ve Schiefele İndeksi	Trofik durum ve kirlilik direncine göre ayrılmış yedi gruptaki 386 tür kullanılır.
LMA	Leclercq ve Maquet İndeksi	Zelinka ve Marvan Formülüne dayalı (1961); 210 ortak tür kullanılır.
DAIpo	Organik Kirlilik için Diatom Topluluk İndeksi	Taksonları kirlilik toleransına göre sınıflara ayırır (BOD ₅); 226 takson kullanılır.
%PT	% Kirliliğe Toleranslı Taksonlar	Organik kirliliği ötrofikasyondan ayırır.
APDI	Artois-Picardie Diatom İndeksi	Zelinka ve Marvan Formülü (1961); 45 tür ve 91 cins kullanılmıştır.
DES	Descy İndeksi	Zelinka ve Marvan Formülüne dayalı (1961); 106 ortak tür kullanılır.
PDI	Pampean Diatom İndeksi	Zelinka ve Marvan Formülüne dayalı (1961); 210 ortak tür kullanılır.
LOBO	Lobo's Index	Zelinka ve Marvan Formülüne dayalı (1961); 239 ortak tür kullanılır.
SID	Rott Saprobik İndeksi	Suyun saprobik durumunu ölçer; 650 ortak tür kullanılır
TID	Rott Trofik İndeksi	Suyun saprobik durumunu ölçer; 650 ortak tür kullanılır.

Tablo 4.14: Üye Devletlerin farklı olarak kullanmış olduğu diatom indeksleri

Ülke	Yöntem	Referans
Belçika (Flaman)	Etkiye Hassas ve Etkiyle İlişkili Diatom Oranları	[95]
Almanya	AB SÇD'ye göre Makrofit ve Fitobentoz Alman Değerlendirme Sistemi	[96]

Ancak bu ülkeler Akdeniz interkalibrasyon grubunda yer almadığından dolayı kullanmış oldukları indeksler Akdeniz iklimine sahip ülkelerin literatüründe araştırıldığında detaylı sonuçlara ulaşılamamıştır.

Akdeniz interkalibrasyon grubunda yer alan ülkelerin yapmış olduğu literatür çalışmalarını birkaç örnek ile açıklayacak olursak;

- Almeida ve ark. Portekiz, İspanya, İtalya, Kıbrıs, Fransa ve Slovenya'da toplam 1031 noktada diatom izleme çalışmaları sonuçlarına göre ICM interkalibrasyon metriğinin ulusal değerlendirme yöntemleri ile iyi derecede korrelasyona sahip olduğunu belirtmiştir^[97].
- Kahlert ve ark. 2004-2008 yılları arasında gerçekleştirmiş olduğu diatom izleme çalışmaları sonuçlarına göre ICM metriğinin ülkeler açısından ulusal değerlendirme yöntemlerinde kullanılabilir olduğunu belirtmiştir^[89].
- Almeida'nın Portekiz'de gerçekleştirmiş olduğu 18 noktayı içeren çalışmada, SPI ve CEC indekslerinin fizikokimyasal ve kimyasal parametreler açısından SLA ve LMA indekslerine göre korrelasyonlarının kıyaslanması çalışmasında SPI ve CEC indekslerinin özellikle pH, iletkenlik ve organik içerik bakımından SLA ve LMA indekslerine göre daha yüksek korrelasyon sergilediğine şahit olunmuştur^[98].
- Feio ve ark. Portekiz'de gerçekleştirmiş olduğu 54 noktayı içeren çalışmada SPI, BDI, CEC ve GDI metriklerinin antropojenik baskılara karşı göstermiş olduğu hassasiyet incelendiğinde en geçerli değerleri BDI indeksinin verdiği tespit edilmiştir^[99].
- Martin ve ark. Akdeniz iklimine sahip İspanya'nın Guadalquivir havzasında 2004-2005 yılları arasında 110 noktada gerçekleştirmiş olduğu çalışmada BDI, SPI, CEC, TDI ve EPI-D diatom metriklerinin fizikokimyasal ve

kimyasal parametreler ile korrelasyonunun araştırılması sonucu en anlamlı korrelasyonu EPI-D metriğinin sağladığını tespit etmiştir^[100].

- Lai ve ark. İtalya'nın Porto Torres havzasında 2010 ve 2011 yılları arasında 11 noktada yapmış olduğu çalışmada ulusal diatom metriği olarak kullanılan EPI-D indeksinin DES, SPI, GDI, CEC, BDI, APDI, DI-CH indeksleri ile kıyaslanması sonucunda SPI, BDI ve CEC indeksleri ile korrelasyon sağladığı görülmüştür^[101].

Mevcut durum değerlendirildiğinde ülkemiz açısından ICM Akdeniz interkalibrasyon metriği ve OMNIDIA yazılım programının hesaplayabildiği 18 metriğin nehirlerde diatom izleme çalışmalarında kullanılması önerilebilir. ICM metriği içerisinde yer alan IPS ve TI indekslerinin de OMNIDIA yazılım programı kapsamında hesaplanabildiği düşünüldüğünde diatom çalışmalarında OMNIDIA programının ülkemiz açısından kullanılabilir olduğu düşünülmektedir. Ancak burada önemli olan husus OMNIDIA programı içerisinde yer alan indekslerden hangisi ya da hangilerinin ülkemiz açısından kullanılabilir olacaktır. Bu sorunun cevabını bulabilmek için diatom izlemesi çalışmalarına paralel olarak fizikokimyasal ve kimyasal parametrelerin de izlenerek sonuçlarının farklı indeksler ile sağlamış olduğu korrelasyonun incelenmesi gerekmektedir. Yapılan literatur taraması sonuçlarına göre, gerçekleştirilecek korrelasyon çalışmalarında OMNIDIA programı içinde yer alan EPI-D, BDI, SPI ve CEC indekslerine öncelik verilebileceği düşünülmektedir.

4.2.2. Göller

“Fitobentoz” tek başına bir biyolojik kalite unsuru olmayıp, “makrofit ve fitobentoz” kalite unsurunun bir parçasıdır. Fitobentozun tek başına izlenmesi uygun değildir. Tüm Üye Devletler, fitobentozu temsil ettiği düşünülen diatomun kompozisyonu ve nispi bolluğunu değerlendirmektedir. Fitobentoz grubu, fitobentozun tek başına “bolluğu” değerlendirmek için yeterli olmadığını düşünmektedir. Ancak bazı Üye Devletler, makrofit yöntemlerine büyük algleri de dahil etmekte ve bolluk ölçümlerini ve yüzde cinsinden kaplama alanını da dikkate almaktadır. Bu yaklaşımın “zararlı” alg büyümelerini teşhis etme konusunda yeterli olması gerekirken bu tür yöntemlerin tek başına fitobentozdaki kompozisyon

değişikliklerini değerlendirme konusunda yeterli olmadığı ya da tek başına makrofitlerin biyolojik kalite unsurunu tam anlamıyla temsil etmediği düşünülmektedir. Hidromorfolojik baskılar tarafından etkilenmiş fitobentoz ve makrofitler bu konuda örnek olarak gösterilebilir.

Normatif tanımlarda “istenmeyen bozulmalar”dan bahsedilmektedir. Bunların, herhangi bir Üye Devlet tarafından durum sınıflarının belirlenmesinde kullanılması mümkünken söz konusu “istenmeyen bozulmalar” hiçbir ulusal değerlendirme yönteminde öne çıkan bir özellik olarak görülmemektedir. Bakteri kümeleri herhangi bir Üye Devlet tarafından değerlendirilmemekte ve göllerde bir problem olarak algılanmamaktadır. Belçika-Flaman Bölgesi gözle görülebilir siyanobakteri filmlerinin bakteri kümelerine karşılık geldiğini düşünmektedir. Bu yüzden de gelişimleri istenmemektedir.

Fitobentoz uzman grubunun ortak görüşü şu şekildedir: eğer bir Üye Devlet yalnızca makrofit ya da yalnızca fitobentoz yöntemine sahipse, makrofit ve fitobentozla ilişkin normatif tanımlara tam anlamıyla uygunluk gösterdiği düşünülemez. Gölün hidromorfolojik baskıya ya da taşımacılık baskısına maruz kaldığı durumlar gibi bazı durumlarda, makrofitler litoral floradaki nütrientlerin etkisine dair güvenilir bir gösterge olmayabilir ya da adı geçen iki kalite unsuru çevrelerindeki değişikliklere farklı düzeyde tepkiler verebilir.

Eğer bir Üye Devlette makrofit ve fitobentozun benzer değerlendirme sonuçları verdiği kanıtlanırsa, değerlendirmeler tek başına makrofit ya da fitobentozla dayandırılabilir. Ancak bu varsayım kanıtlara dayanmalıdır^[102].

Avrupa’daki nehirlerin su kalitesini izlemek için fitobentozu kullanan çok sayıda çalışma olmasına rağmen, göllerde fitobentoz kullanımını oldukça azalmıştır. Nehirlerde yapılan çalışmaların çoğu, tatlısulardaki fototrofların en çeşitli grubu olan diatomlara odaklanmaktadır^[103].

Primer üreticiler (fitoplankton, fitobentoz, makrofit) sucul ekosistemlerde biyolojik göstergeler olarak kullanılır. Fitoplankton ve fitobentoz kısa sürede gelişmeleri nedeniyle çevrelerindeki değişikliklere hızlı bir şekilde tepki verirler. Diğer

yandan sucul makrofitler, nütrient koşullarındaki değişikliklere daha yavaş ve progresif olarak tepki verir. Dolayısıyla, yüksek mekansal cznrlk ile uzun dönemli göstergeler olarak kullanılabilirler. Bu c biyolojik topluluk, gl ekosisteminin işleyişinde büyük bir öneme sahiptir. Fitoplankton, limnetik bölgedeki toplam primer üretimden sorumludur. Diğer yandan, fitobentoz ve makrofit litoral sistemin önemli bileşenleridir. Ancak fitobentoz ve makrofit üretkenliği gl derinliği arttıķa düşer. Fitobentoz toplulukları, fitoplankton ve makrofite kıyasla, gl calışmalarında ck az dikkate alınmaktadır. Fitobentoz kullanan pek ck calışma akan sulardaki izlemeye odaklanmaktadır^[104].

Avrupa'da fitobentoz değerlendirmesi için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bazı ye Devletlerde, fitobentoz değerlendirmek için yalnızca diatom temelli yöntemler kullanılmaktadır. Diğerlerinde, diatoma, diatom olmayan alglere ve makrofite dayanan karma bir değerlendirme kullanılmaktadır. Diatomların fitobentozu temsil edebildiğine dair ck az yayınlanmış veri bulunmaktadır^[105].

Göllerde de durum bundan farklı değildir ancak yalnızca dokuz ye Devlet interkalibrasyonu yapılabilecek yöntemler geliştirmiştir. Diğer c Devlet ise, makrofit değerlendirmelerinde filamentöz alg değerlendirmesini de dahil etmiştir. Bu da 15 ye Devletin, göllerde hiç resmi bir fitobentoz değerlendirmesi yapmadığı anlamına gelmektedir. Pek ck devlet, makrofit değerlendirmelerinin yükümlülüklerini yerine getirme açısından yeterli olduğunu düşünürken yalnızca birkaç tanesi bu iddiasını destekleyen veriler sunmuştur. Böylesi bir varsayımın geçerli olabilmesi için, makrofit ve fitobentozun ekolojik kalite oranları arasındaki gcl korrelasyonun gösterilmesi gerekmektedir. Ancak sadece birkaç devlet bu tür kanıtlar sunmuştur cnk tek başına makrofitlerin yeterli olduğunu dşnmektedirler^[106].

Göllerde litoral diatomları kullanmanın avantajı bütün bir glden ziyade spesifik alanlarda kendini göstermektedir. Gln tamamı, fitoplankton analiziyle daha kolay değerlendirilir^[107].

Mevcut nehir indeksleri kullanılarak, göllerin littoral bölgesinde bulunan tüm fitobentoz toplulukları için diatom tür kompozisyonunun trofik durumu ck iyi

temsil ettiği ortaya çıkmıştır. Genellikle taşlar ve iri çakıllar göllerde bulunmadığı için, su üstünde kalan makrofit örneklerinin kullanılması pek çok yazar tarafından tavsiye edilmektedir^[104].

İnterkalibrasyon faz-I çalışmaları kapsamında göllerde fitobentoza yönelik bir interkalibrasyon çalışması yürütülmemiştir. Ancak Faz-II çalışmaları ile birlikte başlayan süreçte henüz 11 Üye Devlet göllerinde fitobentoza yönelik interkalibrasyon çalışmalarını sürdürmektedir. Akdeniz coğrafî interkalibrasyon grubu göller için yürütölen fitobentoz çalışmalarına katılmamaktadır. Bu yüzden göllerde fitobentoz sonuçlarının değerlendirilmesine yönelik Akdeniz ölkeleri için bir interkalibrasyon metriği bulunmamaktadır.

WISER Projesi kapsamında da fitobentoz kalite unsuru adına göllerde herhangi bir çalışma yürütölmektedir.

Avrupa Birliği Üye Devletlerinin göl su kütlelerinin izlemede kendi ölkelerinde kullanmış olduğu indeksler ise EK 4.5'te belirtilmiştir.

Göller için fitoplankton ve makrofit, fitobentoza göre ötrofikasyonun tespitinde daha güçlü kalite unsurları olarak yer almaktadır ancak SÇD, göllerde fitobentozun da izlenmesini zorunlu kılmaktadır. Ancak göllerin izlenmesine yönelik fitobentoz çalışmaları pek çok Üye Devlet tarafından gerçekleştirilmemektedir. Yapılan çalışmaların çoğu göllerin littoral kısmından alınan diatom örneklerinin incelenmesine dayanmaktadır.

SÇD çalışmalarının henüz başında yer alan ölkemizin göllerde fitobentoz izlemesine yönelik olarak nehir prosedürleri kullanılarak litoralden alınmış diatom örneklerinin nehir indeksleri ile analiz edilmesi neticesinde elde edilen sonuçların fitoplankton analizlerinin sonuçlarını destekleyici şekilde kullanılması tavsiye edilmektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, ilk aşamada SÇD'ye göre yüzey suyu kütlelerinin ekolojik durumunun belirlenmesinde biyolojik kalite unsuru olarak kullanılan fitoplankton ve fitobentozun örneklenmesi ve analizi konularında faydalanılabilecek bir kaynak oluşturmak amacıyla konu ile ilgili mevcut Avrupa, Amerika ve Türk Standartları derlenerek Avrupa Birliği Üye Devletlerinin işbirliği çerçevesinde yürütmüş oldukları büyük çaplı projelerin bilgi birikimlerinden yararlanılmıştır. Konu ile ilgili öncelikli olarak Avrupa Standardı, mevcut bir Avrupa Standardının bulunmadığı durumlarda APHA Standardı, herhangi bir standardın bulunmadığı durumlarda ise Avrupa Birliği Projelerinden faydalanılmıştır. İkinci aşamada ise, fitoplankton ve fitobentoz kalite unsurlarının ekolojik kalite oranlarının belirlenmesi sırasında Avrupa Birliği Üye Devletlerinin kullanmış olduğu bütün metriklerin envanteri çıkartılarak ülkemiz açısından kullanılabilirliği tartışılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda değerlendirilmiştir.

Fitoplankton

- Fitoplankton için hızlı akışa sahip, küçük ve sığ nehirler iyi habitatlar olarak görülmemektedir çünkü su sütunu içerisinde yer alan organizmalar sürekli olarak mansaba doğru giderek yer değiştirirler ve böylelikle gerçek fitoplankton topluluklarının oluşmasını engellemiş olurlar. Bu tarz nehirlerde görülen alg topluluklarının çoğu, suyun kendilerini sürüklemesini engellemek için güvenli bir substrata yapışık olarak bulunan diatom gibi türlerden oluşmaktadır. Ancak düzlük arazilerde akan geniş ve yavaş akış gösteren nehirler kendi fitoplankton topluluklarını oluşturabilirler. Ayrıca bu tarz nehirlerde doğal değişkenliğin yüksek seviyede olması nedeniyle güvenilir referans koşulların belirlenmesi her zaman mümkün olmayabilir. Avrupa Birliği Üye Devletlerinin nehir sularında fitoplankton izlemelerine yönelik çalışmalarına bakıldığında ise sadece altı Üye Devletin nehirlerinde

fitoplankton izlediği görülmektedir. Bu sebeplerden dolayı ülkemiz açısından ilk etapta nehirlerde fitoplanktonun bir kalite unsuru olarak izlenmesi tavsiye edilmemektedir. Ancak ilerleyen yıllarda oluşacak tecrübe ve yetişmiş eleman sayısı ile birlikte geniş yataklı ve yavaş akan nehirlerde izleme çalışmalarının başlatılabileceği düşünülmektedir.

- Göl ekosistemlerindeki en hızlı ve en güçlü değişiklikler fitoplankton aracılığı ile tespit edilebilmektedir. Bu nedenle de fitoplankton, ötrofikasyon ve kirliliğin tespiti açısından göllerde izlenen en önemli biyolojik kalite unsurudur. Böylesine önemli bir kalite unsuru için henüz tatlı sularda SÇD çalışmalarını destekleyici bir Avrupa Standardı bulunmamaktadır ancak yakın bir süre içerisinde Avrupa Standardizasyon Komitesi tarafından yayımlanacağı bilinmektedir. Şu an taslak halde bulunan CEN/TC 230 prEN 16698 sayılı “İç Sularda Kantitatif ve Kalitatif Fitoplankton Örnekleme Kılavuzu” (Guidance on Quantitative and Qualitative Sampling of Phytoplankton from Inland Waters) Avrupa Standardı yürürlüğe girene kadar göllerde fitoplankton örneklemesine yönelik olarak WISER Projesi çıktılarının kullanılması tavsiye edilmektedir.
- Geçiş sularında fitoplankton örneklemesine yönelik herhangi bir Avrupa ya da APHA Standardı bulunmamakla birlikte Avrupa Birliği Üye Devletlerinin yürütmüş olduğu mevcut bir proje de bulunmamaktadır. Geçiş sularında fitoplankton izlemesi çalışmalarına yeteri kadar ilgi gösterilmemektedir. Çoğu Üye Devlet kıyı sularında fitoplankton izlemesi için geliştirilen Avrupa Standardından faydalanmaktadır ancak bu standart her durum için geçiş sularına tam olarak hitap etmemektedir. Bu yüzden geçiş sularında fitoplankton izlemesine yönelik çalışmalar yapılarak standart bir yöntemin oluşturulmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.
- SÇD’ye göre fitoplanktonun biyokütle, bolluk ve kompozisyon açısından değerlendirilmesi zorunlu kılınmaktadır. Klorofil *a* fitoplankton biyokütlesini temsil eden en önemli parametredir. Özellikle göl su kütlelerinde toplam fosfor ile birlikte klorofil *a* izlemesi su kütlesine ait büyük ölçüde bilgi verir. Bu yüzden klorofil *a* ve fizikokimyasal parametrelerin mevsimsel izlenmesi, kompozisyona yönelik örnekleme işlemlerinin ise yılda iki kez (Nisan ve Eylül

aylarında) gerçekleştirilmesi tavsiye edilmektedir. İlerleyen yıllarda yetişmiş eleman sayısı ve bilgi birikiminin artması sonucunda Nisan ve Eylül ayları arasında aylık olarak fitoplankton izlemesi gerçekleştirilebilir. Göllerde siyanobakteri açısından yaz boyu aylık örneklemelemlerin yapılması daha ayrıntılı sonuçların alınmasını sağlayacaktır. Çünkü bolluk açısından Avrupa Birliği Üye Devletlerinin çoğu genellikle siyanobakteri bolluğunu takip etmektedir.

- Fitoplankton örneklerinin analizi açısından Utermöhl Standardının kullanılması Üye Devletler arasında büyük oranda kabul görmektedir. Biyokütlenin izlenmesine yönelik olarak klorofil *a* yanında biyohacimden de faydalanılmaktadır. Bu konu ile ilgili olarak şu an taslak halde bulunan CEN/TC 230 prEN 16695 sayılı “Mikroalg Biyohacmi Tahminine İlişkin Kılavuz” (Guidance on the Estimation of Microalgal Biovolume) Avrupa Standardının yakın bir süre içerisinde yayımlanması beklenmekte ve biyohacim indekslerinin hesaplanmasında standart bir yöntem olarak kullanılmasında faydalı olacağı düşünülmektedir.

Fitobentoz

- Fitobentoz tüm fototrofik organizmaları içerir ancak bu tanımın içerisine mikroskopik tek hücreli canlılardan 2 m’den büyük makrofitlere kadar bütün organizmalar girer. SÇD’de fitobentozun “makrofit ve fitobentoz” olarak adlandırılan tek bir biyolojik kalite unsurunun parçası olduğu düşünüldüğünde fitobentoz terimi bentik floranın makrofit olmayan bileşenlerini içinde barındırır. Ancak bu durum hala tartışmaya açık bir konudur çünkü makrofit tanımı hala belirsizliğini korumaktadır. Üye Devletlerin çoğu fitobentozu temsil ettiği düşünülen diatomun kompozisyonu ve nispi bolluğunu değerlendirmektedir ancak bazı gruplar fitobentozun tek başına bolluğu değerlendirmek için yeterli olmadığını düşünmektedir. Fitobentoz kalite unsuru tartışmaya açık bir konudur ancak Avrupa’da oluşan bilgi birikiminin kullanılabilmesi açısından SÇD’de yer alan fitobentoz kalite unsuru başlığı altında ülkemizde diatomların kullanılması tavsiye edilmektedir.

- Nehirlerdeki çevresel koşulların bir göstergesi olarak diatomları kullanmak; ekosistemdeki önemleri, çevresel koşulların göstergesi olarak kullanışlı olmaları ve kullanımlarının kolay olması açısından oldukça önemlidir. Avrupalı pekçok yazar diatomların nehirlerin izlemesinde oldukça faydalı olduğunu düşünmektedir. Nehirlerde gerçek fitoplanktonun olmaması nedeniyle faydalı bilgiler sağlayan tek topluluk fitobentozdur. Göller için fitoplankton kalite unsurunun kullanılması ne kadar önemli ise nehirler için de diatomun kullanılması bir o kadar önemlidir.
- Avrupa'daki nehirlerin su kalitesini izlemek için diatomu kullanan pek çok sayıda çalışma olmasına rağmen göllerde diatomun kullanımını oldukça azdır. Göllerde litoral diatomları kullanmanın avantajı bütün bir gölden ziyade spesifik alanlarda kendini göstermektedir. Gölün tamamı fitoplankton analizleri ile daha kolay değerlendirilmektedir. Göller için fitoplankton ve makrofit, fitobentozu nazaran ötrofikasyonun tespitinde daha güçlü kalite unsurları olarak yer almaktadır. Ancak SÇD, göllerde fitobentozun da izlenmesini zorunlu kılmaktadır. Ancak göllerin izlenmesine yönelik fitobentoz çalışmaları pek çok Üye Devlet tarafından gerçekleştirilmemektedir. Bu sebeplerden dolayı göllerde fitobentozun ana bir biyolojik kalite unsuru olarak kullanılmasından ziyade, nehir prosedürleri kullanılarak litoralden alınmış diatom örneklerinin nehir indeksleri ile analiz edilmesi neticesinde elde edilen sonuçların fitoplankton sonuçlarını destekleyici bir şekilde kullanılması tavsiye edilmektedir.
- Su kütlelerinde diatom izlemesinin fitoplankton izlemesi ile aynı zamanlarda yılda iki kez (Nisan ve Eylül) olacak şekilde gerçekleştirilmesi tavsiye edilmektedir.

Metrikler/İndeksler

- Halihazırda veri ve değerlendirme yöntemleri olmayan ya da interkalibrasyon çalışmalarına aktif olarak katılmayan devletlerin, interkalibrasyon çalışmalarından çıkan sonuçları kabul etmesi ve mevcut çalışmaların sonuçlarını dikkate alarak kendi değerlendirme yöntemlerini bu çalışmalarla uyumlu hale getirmesi gerekliliğini düşündüğümüzde interkalibrasyon

çalışmalarını metrikler açısından ilk etapta ülkemizin faydalanacağı bir yöntem olarak düşünebilir.

- Coğrafi interkalibrasyon grupları açısından bakıldığında ülkemiz; Yunanistan, Kıbrıs, İtalya, İspanya, Portekiz ve Malta ülkelerinin yer aldığı Akdeniz interkalibrasyon grubu ile Bulgaristan ve Romanya'nın oluşturduğu Karadeniz interkalibrasyon grubunun içerisinde yer almaktadır. Ancak diğer Avrupa Üye Devletlerine göre yüzölçümü açısından oldukça büyük ve coğrafi iklimleri bakımından oldukça çeşitlilik gösteren ülkemizi Akdeniz ve Karadeniz GIG'leri başlıbalına kapsayabilecek durumda değildir. Ayrıca her interkalibrasyon grubunda bütün kalite unsurlarına yönelik interkalibrasyon çalışmaları yürütülmemektedir. Örneğin Karadeniz interkalibrasyon grubu henüz sadece kıyı ve geçiş sularında çalışma yürütürken Akdeniz interkalibrasyon grubunda nehirler için fitoplankton çalışmaları yürütülmemektedir veya kıyı ve geçiş suları için Akdeniz interkalibrasyon grubunda fitoplankton kalite unsuruna yönelik bölgesel tipolojiler belirlenmiştir.
- İnterkalibrasyon çalışmalarının yanında indeksler açısından faydalanabilecek diğer bir yöntem ise WISER ve STAR Projeleri gibi Avrupa çapında yürütülen ve ekolojik durumun değerlendirilmesine büyü ölçüde katkı sağlayan projelerin sonucunda oluşturulmuş indeksler düşünülebilir. Örneğin WISER Projesi kapsamında farklı su kütleleri için (göller, geçiş suları ve kıyı suları) ve farklı biyolojik kalite unsurları için (fitoplankton, makrofit, makroalg, angiosperm, bentik omurgasız ve balık) değerlendirme sistemleri geliştirilmiştir ve aynı zamanda bağlantılı olarak interkalibrasyon çalışmalarına da katkı sağlamaktadır. Aynı şekilde STAR Projesi kapsamında nehir su kütlelerinde ekolojik durumun belirlenmesine yönelik olarak fitobentoz, makroomurgasız, makrofit ve balık kalite unsurları üzerinde indeksler açısından büyük çaplı çalışmalar yürütülmüştür.
- Gerek interkalibrasyon metrikleri gerekse WISER ve STAR Projelerinin yürütmüş olduğu çalışmaların yöntemleri ülkemizin faydalanması açısından bir arada toplandığında, nehirlerde fitoplankton ve göllerde fitobentozaya yönelik izlemelerin gerçekleştirilmediği açıkça görülmüştür. Bunun nedeni

olarak nehirlerde fitobentozun göllerde ise fitoplanktonun daha iyi bir kalite unsuru olarak kullanılması gösterilebilir.

- Göllerde fitoplankton izlemesinde kullanılacak indekslere bakıldığında; biyokütle açısından interkalibrasyon metrikleri arasında yer alan klorofil *a* ve toplam biyohacim, bolluk açısından WISER Projesi indeksi ve interkalibrasyon metrikleri arasında yer alan siyanobakteri bolluğu, kompozisyon açısından ise Macaristan'ın kullanmış olduğu Q İndeksi ve WISER Projesi indeksleri arasında yer alan PTI İndeksi tavsiye edilmektedir. Ancak şu durum dikkate alınmalıdır ki, Akdeniz interkalibrasyon grubunda yer alan göl tipolojileri doğal göl olmamakla birlikte büyük ölçüde değiştirilmiş su kütlesi olan rezervuar özelliği göstermektedir. Bu sebeple interkalibrasyon metrikleri uygun tipolojiye ait rezervuarlarda kullanılabilir olup doğal göller için kullanılamayacaktır. Bu yüzden interkalibrasyon metriklerinin doğal göllere uygulanarak ortaya çıkacak sonuçlara göre referans koşul, iyi/orta ve çok iyi/iyi sınır değerlerinin yürütülecek projeler ile birlikte ülkemiz açısından yeniden değerlendirilmesinin gerektiği düşünülmektedir.
- SÇD kıyı ve geçiş sularında fitoplanktonun biyokütle, bolluk ve kompozisyon açısından incelenmesini öngörmektedir. Ancak şu an kıyı ve geçiş sularında yürütülen izleme çalışmaları genellikle klorofil *a* ve fitoplankton biyokütlesi üzerinden sürdürülmekte olup bolluk ve kompozisyon açısından indekslerin geliştirilmesi çalışmalarına devam edilmektedir. Bu yüzden Akdeniz ve Karadeniz'de interkalibrasyon metrikleri arasında yer alan klorofil *a*'nın, Karadeniz'de ise ek olarak yine interkalibrasyon metrikleri arasında yer alan toplam biyokütle metriğinin kullanılması tavsiye edilmektedir.
- Nehirlerde diatom izlemesinde kullanılacak indekslere bakıldığında; interkalibrasyon metrikleri arasında yer alan ICM metriği ile OMNIDIA yazılım programının hesaplayabildiği 18 indeksin nehirlerde diatom izleme çalışmalarında kullanılabileceği önerilmektedir. ICM metriği içerisinde yer alan IPS ve TI indekslerinin de OMNIDIA yazılım programı kapsamında hesaplanabildiği düşünüldüğünde diatom çalışmalarında OMNIDIA programının ülkemiz açısından kullanılabilir olduğu düşünülmektedir. Ancak

burada önemli olan husus OMNIDIA programı içerisinde yer alan indekslerden hangisinin ya da hangilerinin ülkemiz açısından kullanılabilir olacaktır. Bu sorunun cevabını bulabilmek için diatom izlemesi çalışmalarına paralel olarak fizikokimyasal ve kimyasal parametrelerin de izlenerek sonuçlarının farklı indeksler ile sağlamış olduğu korrelasyonun incelenmesi gerekmektedir. Yapılan literatur taraması sonuçlarına göre, gerçekleştirilecek korrelasyon çalışmalarında OMNIDIA programı içerisinde yer alan EPI-D, BDI, SPI ve CEC indekslerine öncelik verilebileceği düşünülmektedir.

Öneriler

Biyolojik kalite unsurlarına yönelik izleme çalışmalarına başlamadan önce kalite unsuruna ilişkin izleme kılavuzlarının oluşturulması çok büyük önem taşımaktadır. Çünkü elde edilecek her bir izleme sonucunun verimli olarak değerlendirilebilmesi için standart bir yöntem kullanılarak örneklenmesi, analizi ve indeksler kullanarak ekolojik kalite oranlarının belirlenmesi gerekmektedir. Farklı şekilde örneklemeler, farklı analiz yöntemleri ve farklı indekslerin kullanımı neticesinde izleme sonuçlarının değerlendirilmesi verimli olmayacak ve izlemeler sırasında harcanan zaman, işgücü ve maddi kaynaklar etkili bir şekilde kullanılmamış olacaktır. Bu yüzden biyolojik kalite unsurlarının izlenmesi konusunda yapılacak ilk iş izleme kılavuzlarının hazırlanarak standart bir yöntemin oluşturulmasıdır.

EK 4.1: Üye Devletlerin nehirlerde fitoplankton değerlendirme yöntemleri ve kullandığı indeksler^[56]

Ülke	GİG	Tipoloji	Değerlendirme Yöntemi	Faydalanılan İndeksler	Referans
Belçika (Flaman)	Orta Avrupa/ Baltık	Uygulanamaz	Nehirler İçin Alman Fitoplankton Değerlendirme Yöntemi	Klorofil <i>a</i> Pennat diatomların nispi oranı Yeşil alglerin nispi oranı Siyanobakterilerin nispi oranı Type-specific Index Potamoplankton (TIP)	[95]
Romanya	Doğu Avrupa	Yok	Su Kütlelerinin Ekolojik Durumu İçin Fitoplanktona Dayalı Değerlendirme Yöntemi	Saprobic Index Klorofil <i>a</i> Simpson's Diversity Index Takson sayısı Sayısal bolluk (Bacillariophyceae)	[108]
Macaristan	Doğu Avrupa	Uygulanamaz	Macaristan Nehir Fitoplankton İndeksi	Hungarian River Phytoplankton Index (HRPI)	[109], [110], [111]
Slovakya	Doğu Avrupa	R-E2, R-E3 R-E6	Nehirlerde Slovakya Fitoplankton Değerlendirmesi	CYA: EUG: CHLO: CHRO bolluk oranı Klorofil <i>a</i> Toplam CYA, EUG, CHLO, CHRO hücre sayısı	[112]
Almanya	Orta Avrupa/ Baltık	Uygulanamaz	Fitoplankton PhytoFluss İndeksi	Klorofil <i>a</i> Pennal diatomların, chlorophyceae ve/veya siyanobakteri ve indikatör taksonun nispi oranı Pennaes Index Chloro-Index Cyano-Index Type-specific Index Potamoplankton (TIP)	Referans belirtilmemiştir.
Litvanya	Orta Avrupa/ Baltık	Uygulanamaz	Litvanya Nehirlerinde Fitoplanktonun İzlenmesi	İndeks belirtilmemiştir.	[113]

EK 4.2: Üye Devletlerin göllerde fitoplankton değerlendirme yöntemleri ve kullandığı indeksler^[56]

Ülke	GIG	Tipoloji	Değerlendirme Yöntemi	Faydalanılan İndeksler	Referans
İtalya	Akdeniz	LM-5/7 LM-8	Akdeniz Fitoplankton Trofik İndeksi	Med PTI Siyanobakteri % biyohacimi Toplam biyohacim Klorofil <i>a</i>	[114], [115]
	Alpler	L-AL3 L-AL4	Göllerin Ekolojik Durumu İçin Fitoplankton Değerlendirme Yöntemi	Toplam biyohacim Klorofil <i>a</i> PTI Index	[114], [116], [117]
Avusturya	Alpler	L-AL3 L-AL4	Biyolojik Kalite Unsurlarının Değerlendirilmesi İçin Kılavuz: Kısım B2 Fitoplankton	Toplam biyohacim Brettum indeksi	[117], [118]
Danimarka	Orta Avrupa/ Baltık	L-CB1 L-CB2	Göller İçin Klorofil <i>a</i> Kullanılarak Değerlendirme Sistemi	Klorofil <i>a</i>	Referans belirtilmemiştir.
Litvanya	Orta Avrupa/ Baltık	Uygulanamaz	Göllerin Klorofil <i>a</i> Kullanılarak Değerlendirilmesi Yöntemi	Klorofil <i>a</i>	[113], [119]
	Orta Avrupa/ Baltık	Uygulanamaz	Bacillariophyta ve Chrysophyta Biyokütle Yüzdesinin Bir Kısımını Kullanarak Göllerin Değerlendirme Yöntemi	(Bacillariophyta+Chrysophyta biyokütlesi)/(Tüm fitoplankton biyokütlesi)x100	[120], [121]
	Orta Avrupa/ Baltık	Uygulanamaz	Siyanobakteri Biyokütlesi Yüzdesinin Bir Kısımını Kullanarak Göllerin Değerlendirme Yöntemi	(Siyanobakteri Biyokütlesi)/ (Fitoplankton biyokütlesi)x100	[120], [121]
Belçika (Flaman)	Orta Avrupa/ Baltık	L-CB1 L-CB2 L-CB3	Göller İçin Flaman Fitoplankton Değerlendirme Yöntemi	Klorofil <i>a</i> Siyanobakterilerin nispi oranı	[95]
Belçika (Valon)	Orta Avrupa/	Yok	Fitoplanktonun Rezervuarlarda Değerlendirilmesi	Klorofil <i>a</i> Fitoplankton patlaması	[122]

Ülke	GIG	Tipoloji	Değerlendirme Yöntemi	Faydalanılan İndeksler	Referans
	Baltık			Fonksiyonel gruplar	
Kıbrıs	Akdeniz	Uygulanamaz	Rezervuarlardaki Fitoplankton İçin Akdeniz Değerlendirme Sistemi	Klorofil <i>a</i> Toplam biyohacim Siyanobakteri % biyohacimi Catalan Index	[8], [16], [123], [124], [125]
Birleşik Krallık	Orta Avrupa/ Baltık, Kuzey	L-CB1 L-CB2 LN-1, LN-2a LN-2b, LN-5	Göl Fitoplanktonu: Klorofil <i>a</i> ve Yüzde Zararlı Siyanobakteri	Klorofil <i>a</i> Zararlı siyanobakteri % biyohacimi	[126]
Slovenya	Alpler	L-AL3 L-AL4	Göllerin Ekolojik Durumu İçin Fitoplankton Değerlendirme Yöntemi	Toplam biyohacim Brettum Index	[117], [118]
İsveç	Kuzey	LN-2a LN-3a LN-5a LN-6a LN-8a	Fitoplankton Kalite Unsuru: Fitoplankton ile Göllerin Ekolojik Değerlendirilmesi Yöntemi	Klorofil <i>a</i> Siyanobakteri %'si Trophic Plankton Index (TPI)	[127]
Fransa	Orta Avrupa/ Baltık, Akdeniz	Uygulanamaz	Göl Fitoplankton İndeksi	İndeks belirtilmemiştir.	Referans belirtilmemiştir.
Hollanda	Orta Avrupa/ Baltık	L-CB1 L-CB2	Doğal Su Tipleri İçin SÇD Metrikleri	Klorofil <i>a</i> Alg Patlamaları	[128], [129]
Almanya	Alpler, Orta Avrupa/ Baltık	L-CB1 L-CB2 L-AL3 L-AL4	Alman Fito-Göl İndeksi	Toplam biyohacim Klorofil <i>a</i> Siyanobakteri biyohacimi Phytoplankton Taxa Seen Index (PTSI)	[62], [96], [117]
Estonya	Orta	L-CB1	Fitoplankton Bazında Göllerin	Phytoplankton Compound	[130], [131]

Ülke	GIG	Tipoloji	Değerlendirme Yöntemi	Faydalanılan İndeksler	Referans
	Avrupa/ Baltık	L-CB2 L-CB3	Durumunun Belirlenmesi	Quotient Pielou's Index of Evenness Klorofil <i>a</i>	
İspanya	Akdeniz	LM-5/7 LM-8	Rezervuarlarda Fitoplankton İçin Akdeniz Değerlendirme Sistemi	Klorofil <i>a</i> Toplam biyohacim Siyanobakteri %'si Catalan Index	[125], [132]
Finlandiya	Kuzey	Yok	Göl Ekolojik Durumunun Fitoplankton Kullanılarak Değerlendirilmesi	Klorofil <i>a</i> Toplam fitoplankton biyokütlesi Zararlı siyanobakteri %'si	[133], [134]
Macaristan	Doğu Avrupa	Yok	Macaristan Göl Fitoplankton İndeksi	Hungarian Lake Phytoplankton Index (HLPI)	[63]
İrlanda	Orta Avrupa/ Baltık Kuzey	Yok	Klorofil <i>a</i> Metriği – Fitoplankton Biyokütlesi	Klorofil <i>a</i>	Referans belirtilmemiştir.
			İrlanda Fitoplankton Kompozisyon ve Bolluk İndeksi	Toplam fosfor ile pozitif büyüme gösteren dokuz ötrofik takson veya takson grupları	[135]
Romanya	Doğu Avrupa	Uygulanamaz	SÇD'ye Göre Fitoplanktona Dayalı Doğal Gölleri Değerlendirme Sistemi	Biyokütle	Referans belirtilmemiştir.
Polonya	Orta Avrupa/ Baltık	Uygulanamaz	Polonya Gölleri İçin Fitoplankton Metriği (PMPL)	Klorofil <i>a</i> Fitoplankton biyokütlesi Siyanoprokaryota biyokütlesi	Referans belirtilmemiştir.
Letonya	Orta Avrupa/ Baltık	L-CB1 L-CB2 L-CB3	Letonya Fitoplankton Değerlendirme Yöntemi	Klorofil <i>a</i> Pielou's Index of Evenness Phytoplankton Compound Quotient	[136]
Portekiz	Akdeniz	Yok	Göllerde ve Rezervuarlarda Biyolojik Kalite Değerlendirme Yöntemi - Fitoplankton	Klorofil <i>a</i> Toplam biyohacim Siyanobakteri %'si	[137]

Ülke	GIG	Tipoloji	Değerlendirme Yöntemi	Faydalanılan İndeksler	Referans
				Catalan Index	
Yunanistan	Akdeniz	Yok	Rezervuarlar ve Göller İçin Yunan Değerlendirme Sistemi	Toplam biyohacim Siyanobakteri %'si Q Index	Referans belirtilmemiştir.
Norveç	Kuzey	Uygulanamaz	Göl Fitoplanktonu Ekolojik Durumunun Değerlendirilmesi	Klorofil <i>a</i> PTI Evenness Siyanobakteri % biyokütlesi	Referans belirtilmemiştir.

EK 4.3: Üye Devletlerin kıyı ve geçiş sularında fitoplankton değerlendirme yöntemleri ve kullandığı indeksler^[56]

Ülke	GIG	Tipoloji	Değerlendirme Yöntemi	Faydalanılan İndeksler	Referans
Estonya (Kıyı)	Baltık	CWB12 CWB13	Fitoplankton İndikatörünü Kullanarak Kıyı Sularında Ekolojik Durumun Değerlendirilmesi	Toplam biyokütle Klorofil <i>a</i>	[138]
Polonya (Kıyı-Geçiş)	Baltık	Yok	Kıyı ve Geçiş Suyu Kütlelerinin Ekolojik Durumunu Değerlendirmek İçin Biyolojik Kalite Unsurlarının İzleme ve Sınıflandırma Yöntemleri	Klorofil <i>a</i> Toplam fitoplankton biyokütlesi	[139], [140], [141]
İtalya (Kıyı)	Akdeniz	Yok	Biyolojik Kalite Unsuru Fitoplanktona Dayalı Kıyı Suları Değerlendirme Sistemi	Klorofil <i>a</i> Nütrient konsantrasyonu	Referans belirtilmemiştir.
Almanya (Kıyı)	Baltık	Uygulanamaz	Almanya Baltık Kıyı Suları İçin Ekolojik Değerlendirme Yaklaşımı	Klorofil <i>a</i> Toplam biyohacim % Chlorophyceae % Diatom % Dinoflagellat 10 µm'nin altındaki Chlorophyceae biyohacimi	[78], [79], [80] [81], [82], [83]
	Kuzey Doğu Atlantik	CW-NEA 3/4 CW-NEA 1/26	Kıyı Sularında Fitoplanktonun Değerlendirilmesi	Klorofil <i>a</i> Litre başına <i>Phaeocystis</i> hücre sayısı	[142]
	Baltık	CWB12	Almanya Baltık Kıyısı Boyunca Kıyı Sularının Ekolojik Sınıflandırması İçin Fitoplankton İndikatörleri	Klorofil <i>a</i> Toplam biyohacim	[143]

Ülke	GIG	Tipoloji	Değerlendirme Yöntemi	Faydalanılan İndeksler	Referans
Slovenya (Kıyı)	Akdeniz	Yok	Kıyı Sularında Fitoplankton Kullanarak Ekolojik Durumun Değerlendirilmesi İçin Metodoloji	Klorofil <i>a</i>	[56]
Belçika (Flaman) (Geçiş)	Kuzey Doğu Atlantik	TW-NEA11	Geçiş Suları İçin Flaman Fitoplankton Değerlendirme Yöntemi	Klorofil <i>a</i> Toplam biyokütlede Diatom %'si	[95]
Birleşik Krallık (Kıyı-Geçiş)	Kuzey Doğu Atlantik	Uygulanamaz	Fitoplankton Araç Kiti	% 90 klorofil <i>a</i> Litre başına 250000 hücreden fazla herhangi bir takson Litre başına 10 ⁶ hücre üstünde toplam takson Litre başına 10 ⁶ hücre üstünde <i>Phaeocystis</i>	[84]
Litvanya (Kıyı-Geçiş)	Baltık	Uygulanamaz	Kıyı ve Geçiş suları İçin Fitoplankton İndikatörü Kullanarak Değerlendirme Sistemi	İndeks belirtilmemiştir	[144]
Danimarka (Kıyı)	Karadeniz, Kuzey Doğu Atlantik	CWB12 CWB13 CWB14 CW-NEA1/26c CW-NEA8	Fitoplankton Biyokütlesinin İndikatörü Olarak Klorofil <i>a</i> Kullanılarak Kıyı Sularının Değerlendirme Sistemi	% 90 klorofil <i>a</i>	[145], [146]
Finlandiya (Kıyı)	Baltık	CWB0 CWB2 CWB3	Fitoplankton Klorofil <i>a</i> Kullanılarak Kıyı Suları İçin Değerlendirme Sistemi	İndeks belirtilmemiştir	[147]
Finlandiya (Kıyı)	Baltık	CWB0 CWB2 CWB3	Fitoplankton Toplam Biyokütlesi Kullanılarak Kıyı Sularının Değerlendirme	Toplam biyokütle (mg/l)	[147]

Ülke	GIG	Tipoloji	Değerlendirme Yöntemi Sistemi	Faydalanılan İndeksler	Referans
Hollanda (Kıyı-Geçiş)	Kuzey Doğu Atlantik	CW-NEA 1/26 CW-NEA 3 CW-NEA 4 TW-NEA11	Doğal Su Tipleri İçin SÇD Metrikleri	Klorofil <i>a</i> Litre başına 10 ⁶ hücre üstünde <i>Phaeocystis</i>	[128]
İrlanda (Kıyı)	Kuzey Doğu Atlantik	Uygulanamaz	% 90 Klorofil <i>a</i> ve Ortalama Klorofil <i>a</i>	% 90 klorofil <i>a</i>	[148]
	Kuzey Doğu Atlantik	Uygulanamaz	The Elevated Phytoplankton (Single Taxa) Counts Tool	Single elevated taxa count Patlama sıklığı ve yoğunluğunun değerlendirilmesi Taksonomik bolluk (dominant takson)	[148]
İrlanda (Geçiş)	Kuzey Doğu Atlantik	Uygulanamaz	Fitoplankton Araç Kiti	% 90 klorofil <i>a</i> Litre başına 250000 hücreden fazla herhangi bir takson Litre başına 10 ⁶ hücre üstünde toplam takson Litre başına 10 ⁶ hücre üstünde <i>Phaeocystis</i>	[84]
İspanya (Kıyı)	Kuzey Doğu Atlantik	CW-NEA1/26a CW-NEA1/26e	Kuzey Doğu Atlantik Kıyı Suları İçin İspanyol Fitoplankton Aracı	% 90 klorofil <i>a</i> Patlama indikatörü (Eşik değeri 750,000 hücre/l)	[132]
	Akdeniz	Type II-A Type 3 WM	Comunidad Valenciana Fitoplankton Multimetrik İndeksi	% 50 klorofil <i>a</i> (Total Eukaryotic+Cyanobacteria)/ Picocyanobacteria Prymnesiophyta/ (Diatoms+Cryptophyta) %Prymnesiophyta	[149]
	Akdeniz	Type II-A	Klorofil <i>a</i> ve Patlama Sıklığına	% 90 klorofil <i>a</i>	[47], [132]

Ülke	GIG	Tipoloji	Değerlendirme Yöntemi	Faydalanılan İndeksler	Referans
		Type 3 WM	Dayalı Su Kalitesi	Patlama sıklığı	
İspanya (Geçiş)	Kuzey Doğu Atlantik	Yok	Kuzey Doğu Atlantik Geçiş Suları İçin İspanyol Fitoplankton Aracı: Kısım 1 Cantabrian Haliçleri (Biscay Körfezi)	% 90 klorofil <i>a</i> Patlama indikatörü (Eşik değeri 750,000 hücre/l)	[150]
	Akdeniz	Uygulanamaz	Balearic Adaları Multimetrik	Oligohaline tip: Siyanobakteri (%) + Klorofil <i>a</i> (µg/L) Mesohaline type: [% Prasinophyta + % Cryptophyta + % Diatom] + Klorofil <i>a</i> (µg/L)	[151]
	Akdeniz	Type II-A Type 3 WM	Klorofil <i>a</i> ve Patlama Sıklıklarına Dayalı Su Kalitesi	% 90 klorofil <i>a</i> Patlama sıklığı	[47]
	Akdeniz Kuzey Doğu Atlantik	Uygulanamaz	Klorofil <i>a</i> 'ya Dayalı Su Kalitesi	% 90 klorofil <i>a</i>	[47]
Romanya (Kıyı-Geçiş)	Karadeniz	Uygulanamaz	Fitoplankton Kullanılarak Kıyı ve Geçiş Sularının Değerlendirilmesi Sistemi	Bolluk (hücre/l) Biyokütle (mg/m ³)	Referans belirtilmemiştir.
Romanya (Geçiş)	Karadeniz	Uygulanamaz	Fitoplankton Kullanılarak Geçiş Suları İçin Değerlendirme Sistemi	Fitoplankton bolluğu (hücre/l) Fitoplankton biyokütlesi (mg/m ³)	Referans belirtilmemiştir.
İsveç (Kıyı-Geçiş)	Baltık	Uygulanamaz	Kıyı ve Geçiş Suları İçin Değerlendirme Sistemi: Fitoplankton	Klorofil <i>a</i>	[152]
Fransa (Kıyı)	Akdeniz Kuzey Doğu	CW NEA 1/26a CW NEA 1/26b Type II-A	Fransa Kıyı Sularında Fitoplankton Kalitesi	% 90 klorofil <i>a</i> Fitoplankton patlamaları	[96]

Ülke	GIG	Tipoloji	Değerlendirme Yöntemi	Faydalanılan İndeksler	Referans
	Atlantik	Type 3 WM			
Fransa (Geçiş)	Akdeniz	Yok	Geçiş Sularındaki Fitoplankton Kalitesi	% 90 klorofil <i>a</i> Pikoplankton and nanoplankton bolluğu Zararlı taksonlar (1,000,000 hücre/l)	[156]
Letonya (Kıyı Geçiş)	Baltık	CWB12 CWB13	Kıyı ve Geçiş Sularında Fitoplankton Durumu için Klorofil <i>a</i> Konsantrasyonuna Dayalı Değerlendirme Yöntemi	Klorofil <i>a</i>	[153]
	Baltık	CWB12 CWB13	Kıyı ve Geçiş Sularında Fitoplankton Durumu için Fitoplankton Biyokütlesine Dayalı Değerlendirme Yöntemi	Fitoplankton biyokütlesi	[153]
Bulgaristan (Kıyı)	Doğu Avrupa	Yok	Fitoplankton Biyokütlesi	Toplam biyokütle	Referans belirtilmemiştir.
Kıbrıs (Kıyı)	Akdeniz	Type III E	% 90 klorofil <i>a</i>	% 90 klorofil <i>a</i>	[154]

EK 4.4: Üye Devletlerin nehirlerde fitobentoz değerlendirme yöntemleri ve kullandığı indeksler^[56]

Ülke	GIG	Tipoloji	Değerlendirme Yöntemi	Faydalanılan İndeksler	Referans
İspanya	Alpler, Akdeniz	R-A2, R-M1, R-M2, R-M4, R-M5	Kirlilik Hassasiyet İndeksi	SPI İndeks	Referans belirtilmemiştir.
Belçika (Valon)	Orta Avrupa/ Baltık	RC1, RC4, RC5, RC6, RC3	Kirlilik Hassasiyet İndeksi	SPI İndeks	[155], [156]
Slovenya	Alpler, Doğu Avrupa Akdeniz	R-A, R-E4, R-EX5, R-EX6, R-M1, R-M2, R-M5	Nehirler İçin Fitobentoz Kullanılarak Ekolojik Durumu Değerlendirme Sistemi	Saprobik İndeks Tروفik İndeks	[157]
Kıbrıs	Akdeniz	Uygulanamaz	Spesifik Kirlilik-Hassasiyet İndeksi	SPI İndeks	[155]
Birleşik Krallık	Orta Avrupa/ Baltık, Kuzey	Uygulanamaz	SÇD Nehir Diatom Yöntemi ya da Trofik Diatom İndeksi Versiyon 3 Yöntemi	TDI İndeks	[158]
Çek Cumhuriyeti	Doğu Avrupa	R-E1, R-E3	Nehirler İçin Fitobentoz Kullanılarak Değerlendirme Sistemi	Saprobik İndeks Tروفik İndeks	[56]
İsveç	Orta Avrupa/ Baltık Kuzey	R-C1, R-C2, R-C3, R-C4, R-C6	Akarsuda Bentik Alg-Diatom Analizi	SPI TDI %PT	[159]
Estonya	Orta Avrupa/ Baltık	RC4, RC5, RC6	Estonya Nehirleri İçin Fitobentoz Kullanılarak Değerlendirme Sistemi	SPI TDI Watanabe İndeks	[160], [161], [162]
Belçika (Flaman)	Orta Avrupa/ Baltık	RC1, RC4	Etkiye Hassas ve Etkiyle İlişkili Diatom Oranları	Etkiyle ilişkili diatomların yüzdesi (IAD) Etkiye hassas diatomların yüzdesi (ISD)	[95]
Fransa	Alpler, Orta Avrupa/	R-A1, R-A2, R-M1, R-M2, R-M4, R-C1,	Biyolojik Diatom İndeksi 2006	BDI	[156], [163]

Ülke	GIG	Tipoloji	Değerlendirme Yöntemi	Faydalanılan İndeksler	Referans
	Baltık, Akdeniz	R-C2, R-C3, R-C4, R-C6			
Hırvatistan	Doğu Avrupa	R-E2, R-E3, R-E4, R-E6, R-EX1, R- EX2, R-EX3, R- EX7, R-EX8	Hırvatistan Diatom Trofik İndeksi	TDI SPI	[164], [165]
Hollanda	Orta Avrupa/ Baltık	R-C1, R-C4, R-C5	Doğal Su Tipleri İçin SÇD Metrikleri	SPI	[128]
Avusturya	Alpler, Orta Avrupa/ Baltık, Doğu Avrupa	R-C3, R-A1, R-A2, R-E4	Biyolojik Kalite Unsurlarının Değerlendirilmesi-Fitobentoz Kısmı	Saprobik İndeks Trofik İndeks	[166]
Slovakya	Doğu Avrupa	R-E1, R-E2, R-E3, R-E4, R-E6	Nehirlerde Bentik Diatomlar İçin Slovakya Değerlendirmesi	IPS CEE EPI-D	[112], [167], [168], [169], [170], [171], [172]
Almanya	Alpler, Orta Avrupa/ Baltık	R-A1, R-C1, R-C3, R-C4, R-C5	AB SÇD'ye göre Makrofit ve Fitobentoz Alman Değerlendirme Sistemi	Trofik İndeks Referans takson oranı	[96]
Lüksemburg	Orta Avrupa/ Baltık	Uygulanamaz	Balık-Makrozoobentoz- Makrofit-Diatom Kullanarak Nehirlerde Değerlendirme Sistemi	BDI	[156]
Macaristan	Doğu Avrupa	Uygulanamaz	Macaristan Su Kalifikasyon Sistemi İyileştirmesi-Nehirlerde Fitobentoz	OMNIDIA ile hesaplanan diatom indeksleri	[173]
Portekiz	Akdeniz	R-M1, R-M2, R-M5	Nehirlerde Biyolojik Kalite Değerlendirme Yöntemi- Diatomlar	SPI CEC	[137], [155], [174]
Polonya	Orta Avrupa/	Uygulanamaz	Nehirler İçin Diatom Fitobentoz	Trofik İndeks	Referans

Ülke	GIG	Tipoloji	Değerlendirme Yöntemi	Faydalanılan İndeksler	Referans
	Baltık		Kullanarak Değerlendirme Sistemi	Saprobik İndeks	belirtilmemiştir.
Finlandiya	Kuzey	Yok	Spesifik Kirliliğe Hassasiyet İndeksi	SPI	[32], [35], [175]
İtalya	Orta Avrupa/ Baltık Akdeniz	Faz-II Tipolojileri	İnterkalibrasyon Ortak Metrikleri İndeksi	SPI TI	[176]
İrlanda	Orta Avrupa/ Baltık, Kuzey	Yok	Trofik Diatom İndeksi Revize Formu	Trofik Diatom İndeks	Referans belirtilmemiştir.
Romanya	Doğu Avrupa	Yok	Fitobentoza Dayalı Su Kütlesinin (Nehirler) Ekolojik Durumu İçin Değerlendirme Yöntemi	BDI Saprobik İndeks	[56]
Lüksemburg	Orta Avrupa/ Baltık	Uygulanamaz	Biyolojik Diatom İndeksi	BDI	[156]
Bulgaristan	Doğu Avrupa	Uygulanamaz	Bentik Diatomların Örnekleme, Muhafaza ve Önışlemi	SPI	Referans belirtilmemiştir.

EK 4.5: Üye Devletlerin göllerde fitobentoz değerlendirme yöntemleri ve kullandığı indeksler^[56]

Ülke	GIG	Tipoloji	Değerlendirme Yöntemi	Faydalanılan İndeksler	Referans
Slovenya	Alpler	L-AL3	Göller İçin Fitobentoz Kullanılarak Ekolojik Durumu Değerlendirme Sistemi	Trofik İndeks	Referans belirtilmemiştir.
Birleşik Krallık	Orta Avrupa/ Baltık, Kuzey	Yok	Göl Trofik Diatom İndeks Yöntemi	TDI	[177]
Almanya	Alpler, Orta Avrupa/ Baltık	L-AL3 L-AL4	SÇD İçin Makrofit ve Fitobentoz İçin Almanya Değerlendirme Sistemi	Trofik İndeks Referans takson oranı	[96]
Belçika (Flaman)	Orta Avrupa/ Baltık	LCB1 LCB2	Etkiye Hassas ve Etkiyle İlişkili Diatom Oranları	Etkiyle ilişkili diatomların yüzdesi (IAD) Etkiye hassas diatomların yüzdesi (ISD)	[95]
Macaristan	Doğu Avrupa	Yok	Macaristan Su Kalifikasyon Sistemi İyileştirmesi-Göllerde Fitobentoz	OMNIDIA ile hesaplanan diatom indeksleri	[178]
Polonya	Orta Avrupa/ Baltık	Yok	Diatom Fitobentoz Kullanarak Göller İçin Değerlendirme Sistemi	TDI	Referans belirtilmemiştir.
İspanya	Akdeniz	Uygulanamaz	İspanya Sucul Flora Değerlendirme Yöntemi	InDia Diatom İndeks	Referans belirtilmemiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Apitz, S. E., Elliot, M., Fountain, M., & Galloway, T. S. (2006). European environmental management: moving to an ecosystem approach. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 2(1), 80-85.
- [2] Moss, B. (2007). Shallow lakes, the Water Framework Directive and life. What should it all be about? *Hydrobiologia*, 584, 381-394.
- [3] Sandin, L., & Verdonshot, P. F. M. (2006). Stream and river typologies – major results and conclusions from the STAR project. *Hydrobiologia*, 566, 33-37.
- [4] Hering, D., Borja, A., Carstensen, J., Carvalho, L., Elliot, M., Feld, C. K., Heiskanen, A-S., Johnson, R. K., Moe, J., Pont, D., Solheim, A. L., & van de Bund, W. (2010). The European Water Framework Directive at the age of 10: A critical review of the achievements with recommendations for the future. *Science of the Total Environment*, 408(19), 4007-4019.
- [5] Vaultot, D. (2001). Phytoplankton. *Encyclopedia of Life Sciences*.
- [6] Katsiapi, M., Moustaka-Gouni, M., Michaloudi, E., & Kormas, K. A. (2011). Phytoplankton and water quality in a Mediterranean drinking-water reservoir (Marathonas Reservoir, Greece). *Environmental Monitoring Assessment*, 181, 563-575.
- [7] European Parliament Council (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities*, L327, 1-72.
- [8] APHA, AWWA, & WEF. (2012). 10200 Plankton. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 22nd ed. American Public Health Association, Washington, D.C.

- [9] Mischke, U., Thackeray, S., Dunbar, M., McDonald, C., Carvalho, L., Hoyos, C., Jarvinen, M., Laplace-Treytore, C., Morabito, G., Skjelberd, B., Solheim, A. L., Brierley, B., & Dudley, B. (2012). WISER Deliverable D3.1-4: Guidance document on sampling, analysis and counting standards for phytoplankton in lakes.
- [10] www.cen.eu (31.03.2014).
- [11] EN 15972, European Committee for Standardization. (2011). Water quality – Guidance on quantitative and qualitative investigations of marine phytoplankton.
- [12] Hötzel, G., & Croome, R. (1999). A phytoplankton methods manual for Australian freshwaters. *Land & Water Resources Research*
- [13] Environmental Protection Agency. (2006). Ireland Water Framework Directive monitoring programme.
- [14] TS 9548, Türk Standartları Enstitüsü. (1991). Water quality – Using Techniques and classification for sampling phytoplankton in surface water.
- [15] TS 9841, Türk Standartları Enstitüsü. (1992). Water quality – Rules for preserving phytoplankton samples.
- [16] EN 15204, European Committee for Standardization. (2006). Water quality – Guidance standard on the enumeration of phytoplankton using inverted microscopy (Utermöhl technique).
- [17] Wetzel, G. R. & Likens, G. E. (2000). Limnological Analyses. *Third Edition*
- [18] Suthers, I. M., & Rissik, D. (2009). Plankton a guide to their ecology and monitoring for water quality. *Csiro Publishing*
- [19] ISO 10260, Türk Standartları Enstitüsü. (1999). Water quality – Measurement of biochemical parameters spectrometric determination chlorophyll *a* concentration.
- [20] Prescott, G. W. (1973). Algae of the Western Great Lakes Area, 5th edition. WM. C. Brown Co. Publ, 977, Dubuque.

- [21] Lind, M. E., & Brook, A. J. (1980). A key to the Commoner Desmids of the English Lake District. *Freshwater Biol. Assoc. Publ*, 123, Cumbria.
- [22] Komarek, J. & Fott, B. (1983). Chlorococcales, 7. Teil. 1.Hälfte. In: J. Elster and W. Ohle (Eds), *Das phytoplankton des süßwassers*, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1043 p., Stuttgart.
- [23] John, D. M., Whitton, B. A., & Brook, A. J. (2002). *The freshwater algal flora of the British isles*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 702 p.
- [24] Huber-Pestalozzi, G. (1950). *Das phytoplankton des süßwassers*, 3 Teil. Cryptophyceen, chloromonadien, peridineen. In: A. Thienemann (Ed), *Die binnengewasser*, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 310 p., Stuttgart.
- [25] Huber-Pestalozzi, G. (1938). *Das phytoplankton des süßwassers*, 1 Teil. Blaualgen, Bakterien, Pilze. In: A. Thienemann (Ed), *Die binnengewasser*, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 342 p., Stuttgart.
- [26] Starmach, K. (1966). *Cyanophyta. Flora Slodkowodna Polski.*, 807 p., Warszawa.
- [27] Komarek, J., & Anagnostidis, K. (1999). *Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales*. In: H. Ettl, G. Gartner, H. Heynig, D. Mollenhauer. (Eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Spektrum Akademischer Verlag, 548 p., Heidelberg.
- [28] Popovski, J. & Pfiester, L. A. (1990). *Dinophyceae (Dinoflagellida)*, Band 6. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. heynig, D. Mollenhauer, (Eds). *Süßwasserflora von Mitteleuropa* Gustav Fishre Verlag, 243, Jena.
- [29] EN 15708, European Committee for Standardization. (2010). *Water quality – Guidance standard for the surveying, sampling and laboratory analysis of phytobenthos in shallow running water*.

- [30] Kelly, M., King, L., & Chathain, B. Methods for surveying and sampling benthic algae in freshwaters: A literature review. *North South Shared Aquatic Resource (NS Share)*.
- [31] van Dam, H., Stenger-Kovacs, C., Acs, E., Borics, G., Buczko, K., Hajnal, E., Soroczki-Pinter, E., Varbiro, G., Tothmeresz, B., & Padisak, J. (2007). Implementation of the European Water Framework Directive: Development of a system for water quality assessment of Hungarian running waters with diatoms. *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, 161(3-4), 339-364.
- [32] EN 13946, European Committee for Standardization. (2004). Water quality – Guidance standard for the routine sampling and pretreatment of benthic diatoms from rivers.
- [33] Kelly, M., Yallop, M., & Bennion, H. (2005). Sample collection. DALES protocol.
- [34] APHA, AWWA, & WEF. (2012). 10300 Periphyton. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 22nd ed. American Public Health Association, Washington, D.C.
- [35] EN 14407, European Committee for Standardization. (2004). Water quality – Guidance standard for the identification, enumeration and interpretation of benthic diatom samples from running waters.
- [36] Hustedt, F. (1930). Bacillariophyta (Diatomeae). Heft 10. In: A. Pascher (Ed), *Die Süßwasser-Flora Mitteleuropas*, Verlag von Gustav Fischer, Jena, 466 p.
- [37] Huber-Pestalozzi, G. (1942). Das phytoplankton des süßwassers, 2 Teil. Diatomeen. In: A. Thienemann (Ed), *Die Binnengewässer*, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 549 p., Stuttgart.
- [38] Cox, E. J. (1996). Identification of freshwater diatoms from live material. Chapman & Hall, 158 p., London.

- [39] Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1985). Naviculaceae. Bibliotheca Diatomologia, Band 9. J. Cramer, 230 p., Berlin-Stuttgart.
- [40] Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1986). Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. Ed: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. and Mollenhauer, D. Süßwasser flora von Mitteleuropa, Band 2/1. Gustav Fischer Verlag, 876 p., Stuttgart.
- [41] Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1988). Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Ed: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. and Mollenhauer, D. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2/2. VEB Gustav Fischer Verlag, 596 p., Jena.
- [42] Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1991a). Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Ed: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. and Mollenhauer, D. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2/3. Gustav Fischer Verlag, 576 p., Stuttgart, Jena.
- [43] Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1991b). Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema, Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1-4. Ed: Ettl, H., Gärtner, G., Gerloff, J., Heynig, H. And Mollenhauer, D. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2/4. Gustav Fischer Verlag, 437 p., Stuttgart, Jena.
- [44] Hering, D., Birk, S., Solheim, A. L., Moe, J., Carvalho, L., Borja, A., Hendriksen, P., Krause-Jensen, D., Lauridsen, T., Sondergaard, M., Pont, D., Johnson, R., Kolada, A., Porst, G., Marba, N., Noges, P., Ott, I., Marques, J. C., Irvine, K., & Bassert, A. (2012). WISER Deliverable D2.2-2: Guidelines for indicator development.
- [45] European Commission, (2009). European Commission (Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability) van de Bund, W. (Editor), Water Framework Directive Intercalibration Technical Report. Part 1: Rivers, Italy. EUR 23838 EN/1.

- [46] European Commission, (2009). European Commission (Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability) Poikane, S. (Editor), Water Framework Directive Intercalibration Technical Report. Part 2: Lakes, Italy. EUR 23838 EN/2.
- [47] European Commission, (2009). European Commission (Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability) Carletti, A., & Heiskanen, A. S. (Editors), Water Framework Directive Intercalibration Technical Report. Part 3: Coastal and Transitional Waters, Italy. EUR 23838 EN/3.
- [48] European Commission, (2005). Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance on the intercalibration process 2004-2006. Luxembourg, Office for official publications of the European Communities.
- [49] Buffagni, A., Erba, S., Birk, S., Cazzola, M., Feld, C., Ofenböck, T., Murray-Bligh, J., Furse, M. T., Clarke, R., Hering, D., Soszka, H., & van de Bund, W. (2005). Towards European intercalibration for the Water Framework Directive: procedures and examples for different river types from the E.C. project STAR. *Quad. Ist. Ric. Acque*, 123, 1-467.
- [50] www.circabc.europe.eu (27.02.2014)
- [51] European Commission, (2012). Intercalibration Technical Report (Draft), Mediterranean River GIG – Phytobenthos.
- [52] European Commission, (2014). European Commission (Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability) Hoyos, C., Catalan, J., Dörflinger, G., Ferreira, J., Kemitzoglou, D., Laplace-Treyture, C., Lopez, J. P., Marchetto, A., Mihail, O., Morabito, G., Polykarpou, P., Romao, F., & Tsiaoussi, V. Water Framework Directive Intercalibration Technical Report, Mediterranean lake phytoplankton ecological assessment methods, Italy. EUR 26517 EN.
- [53] European Commission, (2013). Intercalibration of biological elements for Black Sea transitional and coastal water bodies. (Draft).

- [54] European Commission, Mediterranean Sea GIG – Coastal Waters – Phytoplankton. (Draft).
- [55] Carvalho, L., Dodkins, I., Carse, F., Dudley, B., & Maberly, S. (2006). Phytoplankton classification tool for UK lakes. Environment Agency.
- [56] www.wiser.eu/results/method-database (05.03.2014).
- [57] UK Technical Advisory Group on the Water Framework Directive, (2007). Recommendations on surface water classification schemes for the purposes of the Water Framework Directive.
- [58] Ilmavirta, V. (1982). Dynamics of phytoplankton in Finnish lakes. *Developments in Hydrobiology*, 7, 11-20.
- [59] Philips, G., Morabito, G., Carvalho, L., Solheim, A. L., Skjelbred, B., Moe, J., Andersen, T., Mischke, U., Hoyos, C., & Borics, G. (2011). WISER Deliverable D3.1-1: Report on lake phytoplankton composition metrics, including a common metric approach for use in intercalibration by all GIGs.
- [60] Mischke, U., Carvalho, L., McDonald, C., Skjelberd, B., Solheim, A. L., Philips, G., Hoyos, C., Borics, G., Moe, J., & Pahissa, J. (2011). WISER Deliverable D3.1-2: Report on phytoplankton bloom metric.
- [61] Brettum, 1989, Nygaard, 1949: Dokulil 2003'e gore. Dokulil, M. T. (2003). Algae as ecological bio-indicators. *Bioindicators and biomonitors*.
- [62] Mischke, U., Riedmüller, U., Hoehn, E., Schönfelder, I., & Nixdorf, B. (2008). Description of the German system for phytoplankton-based assessment of lakes for implementation of the EU Water Framework Directive (WFD). *Aktuelle Reihe*, 2, 117-145.
- [63] Padisak, J., Borics, G., Grigorszky, I., & Soroczki-Pinter, E. (2006). Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive: the assemblage index. *Hydrobiologia*, 553, 1-14.

- [64] Pielou, 1966: Peet 1975'e göre: Peet, R. K. (1975). Relative diversity indices. *Ecology*, 56(2), 496-498.
- [65] Thackeray, S., Nöges, P., Dunbar, M. J., Dudley, B., Skjelbred, B., Morabito, G., Carvalho, L., Philips, G., Mischke, U., Catalan, J., Hoyos, C., Laplace, C., Austoni, M., Padedda, B. M., Maileht, K., Pasztaleniec, A., Jarvinen, M., Solheim, A. L., & Clarke, R. T. (2013). Quantifying uncertainties in biologically-based water quality assessment: A pan-European analysis of lake phytoplankton community metrics. *Ecological Indicators*, 29, 34-47.
- [66] Molina-Navarro, E., Martinez-Perez, S., Sastre-Merlin, A., Verdugo-Althöfer, M., & Padisak, J. (2014). Phytoplankton and suitability of derived metrics for assessing the ecological status in a limno-reservoir, a Water Framework Directive nondefined type of Mediterranean waterbody. *Lake and Reservoir Management*, 30, 46-62.
- [67] Becker, V., Caputo, L., Ordonez, J., Marce, R., Armengol, J., Crosetti, L. O., & Huszar, V. L. M. (2010). Driving factors of the phytoplankton functional groups in a deep Mediterranean reservoir. *Water Research*, 44, 3345-3354.
- [68] European Commission, (2013). Lake intercalibration in the L-M GIG, Attempts to find common types and intercalibrate assessment methods.
- [69] Henriksen, P., Revilla, M., Lehtinen, S., Kauppila, P., Kaitala, S., Agusti, S., Icelly, J., Basset, A., Moncheva, S., & Sorensen, K. (2011). WISER Deliverable D4.1-2: Assessment of pigment data potential for multi-species and assemblage indices.
- [70] Revilla, M., Agusti, S., Garmendia, M., Kauppila, P., Seppo, K., & Sirpa, L. (2011). WISER Deliverable D4.1-1: Report on identification of type-specific phytoplankton assemblages for three ecoregions.
- [71] Lugoli, F., Garmendia, M., Lehtinen, S., Kauppila, P., Moncheva, S., Revilla, M., Roselli, L., Slabakova, N., Valencia, V., Dromph, K. M., & Basset, A. (2012). Application of a new multi-metric phytoplankton index to the assessment of

ecological status in marine and transitional waters. *Ecological Indicators*, 23, 338-355.

[72] Primpas, I., Tsirtsis, G., Karydis, M., & Kokkoris, G. D. (2010). Principal component analysis: Development of a multivariate index for assessing eutrophication according to the European Water Framework Directive. *Ecological Indicators*, 10, 178-183.

[73] Pettine, M., Casentini, B., Fazi, S., Giovanardi, F., & Pagnotta, R. (2007). A revisitation of TRIX for trophic status assessment in the light of the European Water Framework Directive: Application to Italian coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 54, 1413-1426.

[74] Tett, P., Carreira, C., Mills, D. K., van Leeuwen, S., Foden, J., Bresnan, E., & Gowen, R. J. (2008). Use of a phytoplankton community index to assess the health of coastal waters. *ICES Journal of Marine Science*, 65, 1475-1482.

[75] Lacouture, R. V., Johnson, J. M., Buchanan, C., & Marshall, H. G. (2006). Phytoplankton index of biotic integrity for Chesapeake Bay and its tidal tributaries. *Estuaries and Coasts*, 29(4), 598-616.

[76] Spatharis, S., & Tsirtsis, G. (2010). Ecological quality scales based on phytoplankton for the implementation of Water Framework Directive in the Eastern Mediterranean. *Ecological Indicators*, 10, 840-847.

[77] Revilla, M., Franco, J., Garmendia, M., & Borja, A. (2010). A new method for phytoplankton quality assessment in the Basque estuaries (northern Spain), within the European Water Framework Directive. *Revista de Investigacion Marina*, 17(7), 149-164.

[78] Gasiūnaite, Z. R., Cardoso, A. C., Heiskanen, A-S., Henriksen, P., Kauppila, P., Olenina, I., Pilkaityte, R., Purina, I., Razinkovas, A., Sagert, S., Schubert, H., & Wasmund, N. (2005). Seasonality of coastal phytoplankton in the Baltic Sea: Influence of salinity and eutrophication. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 65, 239-252.

- [79] European Commission, (2005). European Commission (Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability) Heiskanen, A-S., Carstensen, J., Gasiūnaite, Z., Henriksen, P., Jaanus, A., Kauppila, P., Pastuszak-Lysiak, E., & Sagert, S. Monitoring strategies for phytoplankton in the Baltic Sea coastal waters, Italy. EUR 21583 EN.
- [80] European Commission, (2005). European Commission (Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability) Heiskanen, A-S., Gromisz, A., Jaanus, A., Kauppila, P., Purina, I., Sagert, S., & Wasmund, N. Developing reference conditions for phytoplankton in the Baltic coastal waters, Part:I Applicability of historical and long-term datasets for reconstruction of past phytoplankton conditions, Italy. EUR 21582 EN/1.
- [81] Krause-Jensen, D., Sagert, S., Schubert, H., & Boström, C. (2008). Empirical relationships linking distribution and abundance of marine vegetation eutrophication. *Ecological Indicators*, 8, 515-529.
- [82] Sagert, S., Jensen, D. K., Henriksen, P., Rieling, T., & Schubert, H. (2005). Integrated ecological assessment of Danish Baltic Sea coastal areas by means of phytoplankton and macrophytobenthos. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 63, 109-118.
- [83] Sagert, S., Rieling, T., Eggert, A., & Schubert, H. (2008). Development of a phytoplankton indicator system for the ecological assessment of brackish coastal waters (German Baltic Sea coast). *Hydrobiologia*, 611, 91-103.
- [84] UK Technical Advisory Group on the Water Framework Directive, (2009). UKTAG coastal water assessment methods phytoplankton, phytoplankton multi-metric tool kit.
- [85] Lehtinen, S., Kauppila, P., Kaitala, S., Basset, A., Lugoli, F., Moncheva, S., Icely, J., Henriksen, P., & Heiskanen, A-S. (2011). WISER Deliverable D4.1-4: Manuscript on the review of multi-species indicators synthesised with WP results.

- [86] Eloranta, P., & Soininen, J. (2002). Ecological status of some Finnish rivers evaluated using benthic diatoms. *Journal of Applied Phycology*, *14*, 1-7.
- [87] Stevenson, R. J., Pan, Y., & van Dam, H. (2010). Assessing environmental conditions in rivers and streams with diatoms. Cambridge University.
- [88] Beltrami, M. E., Ciutti, F., Cappeletti, C., Lösch, B., Alber, R., & Ector, L. (2012). Diatoms from Alto Adige/Südtirol (Northern Italy): characterization of assemblages and their application for biological quality assessment in the context of the Water Framework Directive. *Hydrobiologia*, *695*, 153-170.
- [89] Kahlert, M., Kelly, M., Albert, R. L., Almeida, S. F. P., Besta, T., Blanco, S., Coste, M., Denys, L., Ector, L., Frankova, M., Hlublikova, D., Ivanov, P., Kennedy, B., Marvan, P., Mertens, A., Miettinen, J., Picinska-Faltynowicz, J., Rosebery, J., Tornes, E., Vilbaste, S., & Vogel, A. (2012). Identification versus counting protocols as sources of uncertainty in diatom-based ecological status assessments. *Hydrobiologia*, *695*, 109-124.
- [90] Lecointe, C., Coste, M., & Prygiel, J. (1993). "Omnidia": software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia*, *269/270*, 509-513.
- [91] Hajnal, E., Stenger-Kovacs, C., Acs, E., & Padisak, J. (2009). DILSTORE software for ecological status assessment of lakes based on benthic diatoms. *Fottea*, *9*(2), 351-354.
- [92] Blanco, S., Ector, L., Huck, V., Monnier, O., Cauchie, H. M., Hoffman, L., & Becares, E. (2008). Diatom assemblages and water quality assessment in the Duero Basin (NW Spain). *Belgian Journal of Botany*, *141*(1), 39-50.
- [93] Solak, C. N., & Acs, E. (2011). Water quality monitoring in European and Turkish rivers using diatoms. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *11*, 320-337.

- [94] Blanco, S., & Becares, E. (2010). Are biotic indices sensitive to river toxicants? A comparison of metrics based on diatoms and macro-invertebrates. *Chemosphere*, 79, 18-25.
- [95] Biological assessment of the natural, heavily modified and artificial surface water bodies in Flanders according to the European Water Framework Directive. (2009).
- [96] LAWA-AO Rakon Monitoring Teil B. Arbeitspapier III. (2006).
- [97] Almeida, S. F. P., Elias, C., Ferreira, J., Tornes, E., Puccinelli, C., Delmas, F., Dörflinger, G., Urbanic, G., Marcheggiani, S., Rosebery, J., Mancini, L., & Sabater, S. (2013). Water quality assessment of rivers using diatom metrics across Mediterranean Europe: A methods intercalibration exercise. *Science of the Total Environment*, 476, 768-776.
- [98] Almeida, S. F. P. (2001). Use of diatoms for freshwater quality evaluation in Portugal. *Limnetica*, 20(2), 205-213.
- [99] Feio, M. J., Almeida, S. F. P., Craveiro, S. C., & Calado, A. J. (2009). A comparison between biotic indices and predictive models in stream water quality assessment based on benthic diatom communities. *Ecological Indicators*, 9, 497-507.
- [100] Martin, G., Toja, J., Sala, S. E., Fernandez, M. R., Reyes, I., & Casco, M. A. (2010). Application of diatom biotic indices in the Guadalquivir River Basin, a Mediterranean basin. Which one is the most appropriated? *Environmental Monitoring Assessment*, 170, 519-534.
- [101] Lai, G. G., Padedda, B. M., Viridis, T., Sechi, N., & Luglie, A. (2014). Benthic diatoms as indicators of biological quality and physical disturbance in Mediterranean watercourses: a case study of the Rio Mannu di Porto Torres basin, northwestern Sardinia, Italy. *Diatom Research*, 29(1), 11-26.
- [102] European Commission, (2014). European Commission (Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability) Kelly, M., Acs, E., Bertrin, V., Bennion, H., Borics, G., Burgess, A., Denys, L., Ecke, F., Kahlert, M., Karjalainen,

S. M., Kennedy, B., Marchetto, A., Morin, S., Picinska-Faltynowicz, J., Philips, G., Schönfelder, I., Schönfelder, J., Urbanic, G., van Dam, H., & Zalewski, T. Water Framework Directive Intercalibration Technical Report, Lake phytobenthos ecological assessment methods, Italy. EUR 26512 EN.

[103] King, L., Clarke, G., Bennion, H., Kelly, M., & Yallop, M. (2006). Recommendations for sampling littoral diatoms in lakes for ecological status assessments. *Journal of Applied Phycology*, 18, 15-25.

[104] Cellamare, M., Morin, S., Coste, M., & Haury, J. (2012). Ecological assessment of French Atlantic lakes based on phytoplankton, phytobenthos and macrophytes. *Environmental Monitoring Assessment*, 184, 4685-4708.

[105] Kelly, M. G., King, L., Jones, R. I., Barker, P. A., & Jamieson, B. J. (2008). Validation of diatoms as proxies for phytobenthos when assessing ecological status in lakes. *Hydrobiologia*, 610, 125-129.

[106] Kelly, M. (2013). Data rich, information poor? Phytobenthos assessment and the Water Framework Directive. *European Journal of Phycology*, 48(4), 437-450.

[107] Novais, M. H., Blanco, S., Delgado, C., Morais, M., Hoffmann, L., & Ector, L. (2012). Ecological assessment of Portuguese reservoirs based on littoral epilithic diatoms. *Hydrobiologia*, 695, 265-279.

[108] Gabriel, C., Florentina, V., Luminita, G., Aurica, L., & Dorel, U. (2007). Assessment of the ecological status of various lotic ecosystems from the H. B. JIU using biotic communities according to the WFD requirements. *Muzeul Olteniei Craiova*.

[109] Ferenc, S. (2009). A felszíni vizek biológiai minősítésének továbbfejlesztése. Development of ecological state assessment of waters.

[110] Varbiro, G., Borics, G., Csanyi, B., Feher, G., Grigorszky, I., Kiss, K. T., Toth, A., & Acs, E. (2012). Improvement of the ecological water qualification system of rivers based on the first results of the Hungarian phytobenthos surveillance monitoring. *Hydrobiologia*, 695, 125-135.

- [111] Borics, G., Varbiro, G., Grigorszky, I., Krasznai, E., Szabo, S., & Kiss, K. T. (2007). A new evaluation technique of potamo-plankton for the assessment of the ecological status of rivers. *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, 161(3-4), 465-486.
- [112] STN 757715. (2008). Biological analysis of surface water.
- [113] LAND 69-2005. (2005). Vandens kokybe. Biocheminiu parametru matavimas. Spektrometrinis chlorofilo *a* koncentracijos nustatymas.
- [114] Marchetto, A., Boggero, A., Ciampittello, M., Morabito, G., Oggioni, A., & Volta, P. (2009). Indici per la valutazione della qualita ecologica dei laghi. Istituto per lo Studio degli Ecosistemi. Report CNR-ISE.
- [115] Marchetto, A., Padedda, B. M., Mariani, M. A., Luglie, A., & Sechi, N. (2009). A numerical index for evaluating phytoplankton response to changes in nutrient levels in deep Mediterranean reservoirs. *J. Limnologia*, 68(1), 106-121.
- [116] Salmaso, N., Morabito, G., Buzzi, F., Garibaldi, L., & Simona, M. (2006). Phytoplankton as an indicator of the water quality of the deep lakes south of the Alps. *Hydrobiologia*, 563, 167-187.
- [117] Wolfram, G., Argillier, C., Bortoli, J., Buzzi, F., Dalmiglio, A., Dokulil, M. T., Hoehn, E., Marchetto, A., Martinez, P. J., Morabito, G., Reichmann, M., Remec-Rekar, S., Riedmüller, U., Rioury, C., Schaumburg, J., Schulz, L., & Urbanic, G. (2009). Reference conditions and WFD compliant class boundaries for phytoplankton biomass and chlorophyll *a* in Alpine lakes. *Hydrobiologia*, 633, 45-58.
- [118] Wolfram, G., & Dokulil, M. T. (2009). Leitfaden zur Erhebung der biologischen qualitaetselemente, Teil B2. Phytoplankton. Bundesministerium für Land-und Forshwirthschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.
- [119] ISO 5667-1, Türk Standartları Enstitüsü. (2008). Water quality – Sampling – Part 1: Guidance on the design of sampling programmes and sampling techniques.

- [120] LAND 53-2003. (2003). Fitoplanktono tyrimo metodika pavirsinio vandens telkiniuose.
- [121] ISO 5667-3, Türk Standartları Enstitüsü. (2007). Water quality – Sampling – Part 1: Guidance on the preservation and handling of water samples.
- [122] Sarmiento, H., & Descy, J. P. (2008). Use of marker pigments and functional groups for assessing the status of phytoplankton assemblages in lakes. *J. Appl. Phycol.* 20, 1001-1011.
- [123] European Parliament Council (2008). Commission Decision. Establishing, pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the council, the values of the Member State monitoring system classifications as a result of the intercalibration exercise. *Official Journal of the European Communities*, L332, 20-44.
- [124] CEN TC 230/WG 2/TG 3. (2006). (Draft version). Phytoplankton biovolume determination using inverted microscopy. Utermöhl technique.
- [125] Catalan, J., Ventura, M., Munne, A., & Gode, L. (2003). Desenvolupament d'un index integral de qualitat ecologica I regionalitzacio ambiental dels sistemes lacustres de Catalunya.
- [126] UK Technical Advisory Group on the Water Framework Directive, (2008). UKTAG lake assessment methods phytoplankton. Chlorophyll *a* and percentage nuisance cyanobacteria.
- [127] Naturverdsverket. (2007). Status, potential och kvalitetskrav för sjöar, vattendrag, kustvatten och vatten i övergångszon.
- [128] Besluit kwaliteitseisen en monitoring water. (2009). Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment.
- [129] Vichi, M., & Chaudani, G. (1985). A simple method to estimate lake phosphorus concentrations resulting from natural, background, loadings. *Water Res.*, 19(8), 987-991.

- [130] Pinnaveekogude veeklassid, veeklassidele vastavad kvaliteedinaitajate vaartused ning veeklasside maaramise kord. (2001).
- [131] Ott, I. (2005). Phytoplankton as a tool to classify ecological status of lakes. Estonian experiences.
- [132] ORDEN ARM/2656/2008 de 10 de septiembre por la que se aprueba la instruccion de planificacion hidrológica. (2008).
- [133] Vuori, K. M., Mitikka, S., & Vuoristo, H. (2009). Pintaveisen ekologisen tilan luokittelu. 88 p.
- [134] Alahuhta, J., Vuori, K. M., Hellsten, S., Jarvinen, M., Olin, M., Rask, M., & Palomaki, A. (2009). Defining the ecological status of small forest lakes using multiple biological quality elements and palaeolimnological analysis. *Fundamental and Applied limnology Archiv für Hydrobiologie*, 175(3), 203-216.
- [135] Free, G., Little, R., Tierney, D., Donnely, K., & Caroni, R. (2006). A reference based typology and ecological assessment system for Irish lakes. Preliminary investigations. *Environmental Protection Agency*, Ireland.
- [136] Latvijas Universitate, (2009). Projects "Virszemes udenu ekologiskas klasifikācijas sistēmas zinātniski pētnieciska izstrāde atbilstoši Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvas 2000/60/EK (2000. Gada 23. Oktobris), ar ko izveido sistēmu Kopesienas rīcībai ūdens resursu politikas joma prasībām."
- [137] Inag, I. P. (2009). Manual para a avaliação da qualidade biológica da água em lagos e albufeiras Segundo a directive quadro da água. Lisboa.
- [138] Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb maaramata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinaitajate vaartused ning seisundiklasside maaramise kord. (2009).
- [139] Decree of the Minister of Environment from 20 August 2008 concerning classification of unit water bodies.

- [140] HELCOM, (2009). Eutrophication in the Baltic Sea. An integrated thematic assessment of the effects of nutrient enrichment in the Baltic Sea region. Baltic Sea Environment Proceedings No. 115B.
- [141] Lysiak-Pastuszek, E., Krzyminski, W., & Lewandowski, L. (2009). Development of tools for ecological quality assessment in Polish marine areas according to the Water Framework Directive. Part II – Chlorophyll *a*. *International Journal of Oceanography and Hydrobiology*, 3, 101-112.
- [142] Topcu, D., Broockmann, U., & Claussen, U. (2006). Assessments of the eutrophication status in the German Wadden Sea, based on background concentrations of nutrients and chlorophyll. *NERI Technical Report No. 573*, 53-71.
- [143] Sagert, S., Selig, U., & Schubert, H. (2008). Phytoplankton indicators for ecological classification of coastal waters along the German Baltic coast. *Rostocker meeresbiologische beitrage*, 20, 45-69.
- [144] In Lithuanian: Baseinu valdymo plano pozeminio vandens dallies nemuno upiu basinu rajonui parengimas ir integravimas I bendraji valdymo plana, pirkimo numeris: 62298. (2009).
- [145] Carstensen, J., Krau-Jensen, D., Dahl, K., & Henriksen, P. (2008). Macroalgae and phytoplankton as indicators of ecological status of Danish coastal waters. National Environmental Research Institute. *NERI Technical Report No: 683*.
- [146] Carstensen, J., & Henriksen, P. (2009). Phytoplankton biomass response to nitrogen inputs: a method for WFD boundary setting applied to Danish coastal waters. *Hydrobiologia*, 633, 137-149.
- [147] Kauppila, P. (2007). Phytoplankton quantity as an indicator of eutrophication in Finnish coastal waters. Applications within the Water Framework Directive. *Monographs of the Boreal Environment Research*, No. 31
- [148] European communities environmental objectives (Surface waters) regulations. (2009). Statutory instruments. S.I. No. 272 of 2009.

- [149] Rio, J. G., Romero, I., Falco, S., Rodilla, M., Saez, M., Sierra, J. P., Sanchez-Arcilla, A., & Mösso, C. (2007). Changes in phytoplankton population along the saline gradient of the Jucar Estuary and Plume. *Journal of Coastal Research*, 47, 63-68.
- [150] Revilla, M., Borja, A., Garcia, P., Zapico, E., Guinda, X., Puente, A., & Juanes, J. A. (2009). Description of national methods, Spanish phytoplankton tool for North East Atlantic transitional waters (NEA TW). Part-1 Cantabrian estuaries (Bay of Biscay).
- [151] Pardo, I., Lucena, P., Abrain, R., Garcia, L., & Delgado, C. (2010). Implementacion de la dma en Baleares: Evaluacion de la calidad ambiental de las masas de agua epicontinentales utilizando indicadores e indices biologicos. Universidad de Vigo.
- [152] Naturvardsverket Handbook. (2007). Biliga B. Bedömningsgrunder för kustvatten och vatten I övergångszon.
- [153] Aigars, J., Müller-Karulis, M., Martin, G., & Jermakovs, V. (2008). Ecological quality boundary-setting procedures: the Gulf of Riga case study. *Environmental Monitoring Assessment*, 138, 313-326.
- [154] Bianchi, T. S., Demetropoulos, A., Hadjichristophorou, M., Argyrou, M., Baskaran, M., & Lambert, C. (1996). Plant pigments as biomarkers of organic matter sources in sediments and coastal waters of Cyprus (eastern Mediterranean). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 42, 103-115.
- [155] CEMAGREF, (1982). Etude des methods biologiques d'appreciation quantitative de la qualite des eaux. Rapport Q.E. Lyon – A. F. Rhone-Mediterranee-Corse. CEMAGREF, Lyon.
- [156] AFNOR norm NF T 90-354. (2000).
- [157] Uradni list Republike Slovenije stran. (2009).

- [158] UK Technical Advisory Group on the Water Framework Directive, (2008). UKTAG river assessment methods macrophytes and phytobenthos, diatom assessment for river ecological status.
- [159] Naturvårdsverkets författningssamling. (2008). Naturvårdsverkets föreskrifter och allmänna råd om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten.
- [160] Kahlert, M., Albert, R. L., Anttila, E. L., Bengtsson, R., Bigler, C., Eskola, T., Galman, V., Gottschalk, S., Herlitz, E., Jarlman, A., Kasperoviciene, J., Kokocinski, M., Luup, H., Miettinen, J., Paunksnyte, I., Piirsoo, K., Quintana, I., Raunio, J., Sandell, B., Simola, H., Sundberg, I., Vilbaste, S., & Weckström, J. (2009). Harmonization is more important than experience – results of the first Nordic-Baltic diatom intercalibration exercise 2007 (stream monitoring). *J. Appl. Phycol.*, 21, 471-482.
- [161] Kelly, M., Bennett C., Coste, M., Delgado, C., Delmas, F., Denys, L., Ector, L., Fauville, C., Ferreol, M., Golub, M., Jarlman, A., Kahlert, M., Lucey, J., Chathain, B., Pardo, I., Pfister, P., Picinska-Faltynowicz, J., Rosebery, J., Schranz, C., Schaumburg, J., van Dam, H., & Vilbaste, S. (2009). A comparison of national approaches to setting ecological status boundaries in phytobenthos assessment for the European Water Framework Directive: results of an intercalibration exercise. *Hydrobiologia*, 621, 169-182.
- [162] Vilbaste, S., Truu, J., Leisk, Ü., & Iital, A. (2007). Species composition and diatom indices in relation to environmental parameters in Estonian streams. *Arch. Hydrobiol., Suppl.*, 161(3-4), 307-326.
- [163] Coste, M., Boutry, S., Tison-Rosebery, J., & Delmas, F. (2009). Improvements of the biological diatom index (BDI): Description and efficiency of the new version (BDI-2006). *Ecological Indicators*, 9, 621-650.
- [164] Nijboer, R. C., Johnson, R. K., Verdonschot, P. F. M., Sommerhauser, M., & Buffagni, A. (2004). Establishing reference conditions for European streams. *Hydrobiologia*, 516, 91-105.

- [165] Nijboer, R. C., & Schmidt-Kloiber, A. (2004). The effect of excluding taxa with low abundances or taxa with small distribution ranges on ecological assessment. *Hydrobiologia*, 516, 347-363.
- [166] BMLFUW. (2009). Leitfaden zur erhebung der biologischen qualitatselemente.
- [167] European Commission, (2003). Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance document no: 10. River and lakes – Typology, reference conditions and classification systems. Luxembourg, Office for official publications of the European Communities.
- [168] Acs, E., Szabo, K., Toth, B., & Kiss, K. T. (2004). Investigation of benthic algal communities, especially diatoms of some Hungarian streams in connection with reference conditions of the Water Framework Directives. *Acta Botanica Hungarica*, 46(3-4), 225-277.
- [169] Kelly, M. G., Cazaubon, A., Coring, E., Dell'Uomo, A., Ector, L., Goldsmith, B., Guasch, H., Hürlimann, J., Jarlman, A., Kawecka, B., Kwandrans, J., Laugaste, R., Lindstrom, E-A., Leiato, M., Marvan, P., Padisak, J., Pipp, E., Prygiel, J., Rott, E., Sabater, S., van Dam, H., & Vizinet, J. (1998). Recommendations for the routine sampling of diatoms for water quality assessments in Europe. *Journal of Applied Phycology*, 10, 215-224.
- [170] Prygiel, J., Coste, M. (1993). The assessment of water quality in the Artois-Picardie water basin (France) by the use of diatom indices. *Hydrobiologia*, 269/270, 343-349.
- [171] Rott, E., Pipp, E., & Pfister, P. (2003). Diatoms methods developed for river quality assessment in Austria and a cross-check against numerical trophic indication methods used in Europe. *Algological Studies*, 110, 91-115.
- [172] van Dam, H., Mertens, A., & Sinkeldam, J. (1994). A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 28(1), 117-133.

- [173] Szlagyi, F., Acs, E., Borics, G., Halasi-Kovacs, B., Juhasz, P., Kiss, B., Kovacs, T., Müller, Z., Lakatos, G., Padisak, J., Pomogyi, P., Stenger-Kovacs, C., Szabo, K. E., Szalma, E., & Tothmeresz, B. (2008). Application of Water Framework Directive in Hungary: Development of biological classification systems. *Water Science & Technology-WST*.
- [174] Descy, J-P., & Coste, M. (1991). A test of methods for assessing water quality based on diatoms. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 24, 2112-2116.
- [175] Mykra, H., Aroviita, J., Hamalainen, H., Karjalainen, S. M., Visuri, M., Riihimaki, J., Miettinen, J., & Vuori, K-M. (2009). Utility of a single *a priori* river typology for reference conditions of boreal macroinvertebrates and diatoms. *Fundamental and Applied Limnology Archiv für Hydrobiologie*, 175(4), 269-280.
- [176] Mancini, L., & Sollazo, C. (2009). Metodo per la valutazione dello stato ecologico delle acque correnti: communita diatomiche. Roma: Istituto Superiore di Sanita. Rapporti ISTISAN 09/19.
- [177] UK Technical Advisory Group on the Water Framework Directive, (2008). UKTAG lake assessment methods macrophytes and phytobenthos. Diatom assessment of lake ecological quality.
- [178] Bolla, B., Borics, G., Kiss, K. T., Reskone, N. M., Varbiro, G., & Acs, E. (2010). Recommendations for ecological status assessment of lake Balaton (Largest shallow of central Europe) based on benthic diatom communities. *Vie et milieu-Life and Environment*, 60(3), 197-208.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Tolga ÇETİN

Doğum Yeri : Balıkesir

Doğum Tarihi : 07.10.1985

Eğitim ve Askerlik Durumu

Lise (1996-2003) : Bandırma Anadolu Lisesi

Lisans (2003-2007) : 19 Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü

Y.Subay (2007-2008) : Batman Jandarma Bölge Komutanlığı

Y. Lisans (2009-2011) : Balıkesir Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü

Doktora (2012-halen) : Ankara Üniversitesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü

Yabancı Dil : İngilizce (KPDS: 70)

İş Tecrübesi

2009 – 2011 : Balıkesir Belediyesi Katı Atık Firması

2011 – halen : Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü