

6. BULGULAR VE TARTIŞMA	33
6.1. Sıcaklık	44
6.2. Çözünmüş Oksijen	46
6.3. İletkenlik	48
6.4. pH	50
6.5. Besin Elementleri	52
6.5.1. Silikat	52
6.5.2. orto-fosfat	54
6.5.3. Toplam fosfat	56
6.5.4. Nitrat azotu (nitrat+nitrit)	56
6.5.6. Toplam azot	58
6.10. İnorganik karbon	61
6.11. Toplam organik karbon	61
6.6. Klorofil-a	62
7. BİRİNCİL ÜRETİM	64
7.1. Klorofil-a yöntemiyle birincil üretimin hesaplanması	65
8. TROFİK DURUM İNDEKSİ	70
9. SONUÇ	73
YARARLANILAN KAYNAKLAR	76

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ

SAPANCA GÖLÜNÜN LİMNOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN
SAPTANMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Yöneten
Prof. Dr. Selami GÖZENÇ

Hazırlayan
Biyolog Hüseyin TÜFEKÇİ

İstanbul, 1993



ÖZET

Eylül, 1991-1992 arasında gerçekleştirilen bu çalışma kapsamında Sapanca Gölünün limnolojik özelliklerini saptamak amacıyla su kolonunda: sıcaklık, iletkenlik, pH, çözülmüş oksijen, klorofil-a, nitrat+nitrit, orto-fosfat, toplam azot, silikat, toplam organik karbon, inorganik karbon ve toplam fosfat analizleri yapılmıştır.

Ayrıca seki disk görünürlüğü, klorofil-a ve günlük güneş radyasyon değerlerinden gölün birincil üretimi hesaplanmıştır.

Mevsimsel olarak gerçekleştirilen analiz sonuçlarının derinlikle değişimi grafiklere aktarılmış ve yorumlanmıştır. Elde edilen sonuçlar daha önce yapılan çalışmalarla ve literatür değerleriyle karşılaştırılmıştır.

Gerçekleştirilen bu çalışma sonucunda Sapanca Gölünün halen oligotrofik karakterde olduğu, ancak bazı mevsimlerde mezotrof eğilim gösterdiği gözlenmiştir. Bölgesel konumu gereği çok öneme sahip olan göl, içme-kullanma, su ürünleri yetiştiriciliği, sulama suyu vs. gibi çok amaçlı kullanımlara uygunluğunu halen sürdürmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesindeki katkılarından dolayı kıymetli hocam sayın Prof. Dr. Selami GÖZENÇ' e teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmanın başından itibaren bütün olanaklarını bu araştırma için kullandıran ve yardımlarını esirgemeyen TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezine içten teşekkürlerimi sunarım.

" Sapanca Gölünün Limnolojik Özelliklerinin Saptanması" konulu çalışmamı öneren ve tezin bütün aşamalarını adım adım izleyen, yönlendiren ve sonuca ulaşmasını sağlayan Dr. Enis MORKOÇ' a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma süresince büyük teşvik ve sabırla, çalışmanın gerçekleştirilmesinde önemli katkıları olan Murat ÖZTÜRK' e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca yardımlarını esirgemeyen Dr. Sermin ORHUN' a, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Çevre Mühendisliği Araştırma Bölümü Limnoloji ve Oşinoğrafi Birimi araştırmacıları; Biyolog Vildan TÜFEKÇİ, Uzman Kimyager Oya OKAY, ve Çevre Mühendisi Leyla G. EGESEL' e teşekkür ederim.

Tezin yazılımı aşamasında yardımlarını esirgemeyen Dr. Mustafa TIRIS' a, çizimler için Zir. Müh. İpek GÜNEŞ'e, laboratuvar ve arazi çalışmaları sırasında yardımlarını esirgemeyen Araştırma Teknisyenleri Murat ERBATUK ve Kemal KARABEYOĞLU' na ve Enstitü Sekreterimiz sayın Veli YILDIRIM' a teşekkür ederim.

1. GİRİŞ	1
2. SAPANCA GÖLÜNDE ÇALIŞMA KAPSAMINDA ÖLÇÜMÜ YAPILAN PARAMETRELERİN GENEL ÖZELLİKLERİ	4
2.1. Sıcaklık	4
2.2. pH	6
2.3. İletkenlik	6
2.4. Çözünmüş Oksijen	6
2.5. Klorofil-a	7
2.6. Toplam Organik Karbon	8
2.7. İnorganik Karbon	9
2.8. Azot	10
2.9. Nitrat Azotu	10
2.10. Nitrit Azotu	11
2.11. Fosfat	11
2.12. Göllerde Azot ve Fosforun Etkisi	14
2.13. Silikat	15
2.14. Işık	16
3. BİRİNCİL ÜRETİM VE SINIRLAYICI FAKTÖRLER	18
4. SAPANCA GÖLÜNÜN LİMNOLOJİK ÖZELLİKLERİ KONUSUNDA DAHA ÖNCE YAPILAN ÇALIŞMALAR	21
4.1. Sapanca Gölü Kirlilik Araştırması Çalışması	21
4.1.1. Sapanca Gölünün Limnolojik Özelliklerinin Belirlenmesi Çalışması	21
4.1.2. Sapanca Gölünün Çeşitli Kaynaklar İle N ve P Yüklenmesi Çalışması	22
4.1.3. Sapanca Gölünün Su Kirliliği ve Besin Durumu Üzerine Bir Araştırma	22
5. MATERYAL VE METOD	24
5.1. Örnekleme Noktaları, Örneklerin Alınması ve Korunması	24
5.2. Örneklerin Analizi ve Ölçüm Yöntemleri	25
5.2.1. Fiziksel Parametreler	25
5.2.2. Kimyasal Parametreler	25
5.2.3. Biyolojik Parametreler	31

6. BULGULAR VE TARTIŞMA	33
6.1. Sıcaklık	44
6.2. Çözünmüş Oksijen	46
6.3. İletkenlik	48
6.4. pH	50
6.5. Besin Elementleri	52
6.5.1. Silikat	52
6.5.2. orto-fosfat	54
6.5.3. Toplam fosfat	56
6.5.4. Nitrat azotu (nitrat+nitrit)	56
6.5.6. Toplam azot	58
6.10. İnorganik karbon	61
6.11. Toplam organik karbon	61
6.6. Klorofil-a	62
7. BİRİNCİL ÜRETİM	64
7.1. Klorofil-a yöntemiyle birincil üretimin hesaplanması	65
8. TROFİK DURUM İNDEKSİ	70
9. SONUÇ	73
YARARLANILAN KAYNAKLAR	76

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Göllerin verimliliği ile epilimnetik toplam fosfor yoğunluğu ilişkisi	12
Tablo 2. Göl derinliğine göre müsaade edilen azot ve fosfor yükleri	14
Tablo 3. Sapanca gölünde ölçülen fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler. . . .	34
Tablo 4. Seki disk derinliği, klorofil-a, toplam fosfor ve toplam azot' a bağlı TSI değerleri	71
Tablo 5. Seki disk derinliği, klorofil-a ve toplam fosfat' a bağlı TSI ' in Sapanca gölü için hesaplanan sonuçları.	72
Tablo 6. Tablo.6 Sapanca gölünde daha önce yapılan çalışmalarla, A [3], B [21], C [1] bu çalışmada (D) elde edilen sonuçların karşılaştırılması.	74

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Sapanca gölü ölçüm ve örnekleme noktaları.	3
Şekil 2. Göllerde sıcaklık tabakalaşmasının şematik olarak gösterimi	5
Şekil 3. Su ortamında fosfor döngüsü	13
Şekil 4. Sıcaklığın Sapanca gölünde dikey dağılımı.	45
Şekil 5. Çözünmüş oksijenin Sapanca gölünde dikey dağılımı.	47
Şekil 6. İletkenliğin Sapanca gölünde dikey dağılımı.	49
Şekil 7. pH' ın Sapanca gölünde dikey dağılımı.	51
Şekil 8. Silikat' ın Sapanca gölünde dikey dağılımı.	53
Şekil 9. orto-fosfat' ın Sapanca gölünde dikey dağılımı.	55
Şekil 10. Toplam fosfat' ın Sapanca gölünde dikey dağılımı.	57
Şekil 11. Nitrat+nitrit 'in Sapanca gölünde dikey dağılımı.	59
Şekil 12. Toplam azot' un Sapanca gölünde dikey dağılımı.	60
Şekil 13. Sapanca gölünde A ve B istasyonlarında birincil üretimin mevsimlere bağlı değişimi (A), istasyon A' daki derinliğe ve mevsimlere bağlı birincil üretimin dağılımı (B), istasyon B' deki birincil üretimin derinliğe ve mevsimlere bağlı değişimi (C).	69

1. GİRİŞ

Sapanca gölü, Marmara bölgesinde İzmit Körfezi' nin devamı halinde Adapazarı ovasına kadar ulaşan tektonik bir çukurda yer alır. Deniz seviyesinden 30 m yükseklikte eliptik şekilli bir tatlısu gölüdür (Şekil 1). Göl; 46.8 km^2 yüzey alanına ve yaklaşık $1.0 \times 10^9 \text{ m}^3$ su hacmine sahiptir [1]. Uzun eksen 16 km ve kısa eksen 6 km dir. Göl havzasında ortalama yıllık sıcaklık 13.5°C , ortalama yıllık yağış ise 782.5 mm dolayındadır. Ocak ayında sıcaklık ortalaması $0-6^\circ \text{C}$, Temmuz ayında ise 29°C dolayındadır. Bağıl nem % 80-85 arasındadır. Ortalama yağış değerleri Temmuz - Ağustos aylarında en düşük (48.6-45 mm), Aralık - Ocak aylarında en yüksektir (113-95.9 mm) [2].

Sapanca gölünü kuzey ve güneydeki dağlardan inen debileri mevsimsel değişim gösteren sular ve göl dibinden çıkan kuvvetli kaynaksuları besler. Gölü besleyen dereler; Karaçay, Yanık, Kurtköy, Mahmudiye, İstanbul, Keçi, Sarp, Balıkhane, Eşme, Limon, Maden, Arifiye dereleridir. Gölün tek çıkışı olan çıkan Çarksuyu Sakarya nehrine boşalmaktadır. Maksimum derinlik 52 m, drenaj alanı 209 km^2 ve ortalama su tutma hacmi $1120 \times 10^6 \text{ m}^3$ dir [3].

Gölden Adapazarı kenti ve civarındaki küçük yerleşim birimleri içme ve kullanma suyu kaynağı olarak yararlanmaktadırlar. İzmit' te kurulu bulunan SEKA, PETKİM ve İPRAŞ gibi büyük kuruluşlar kullanma sularını Sapanca Gölünden temin etmektedirler. İstanbul Metropolitan alanı için de içme suyu kaynağı olarak kullanılması planlanmaktadır [4]. Gölün bölgesel konumunun tarıma, sanayiye ve kentsel yapılaşmaya çok uygun ortamda bulunması nedeniyle kirletici kaynaklara açıktır. Buna ek olarak konaklama tesislerinden (motel, benzinlik, lokantalar vs.) kaynaklanan atıksular da göl için kirletici etkenlerdir.

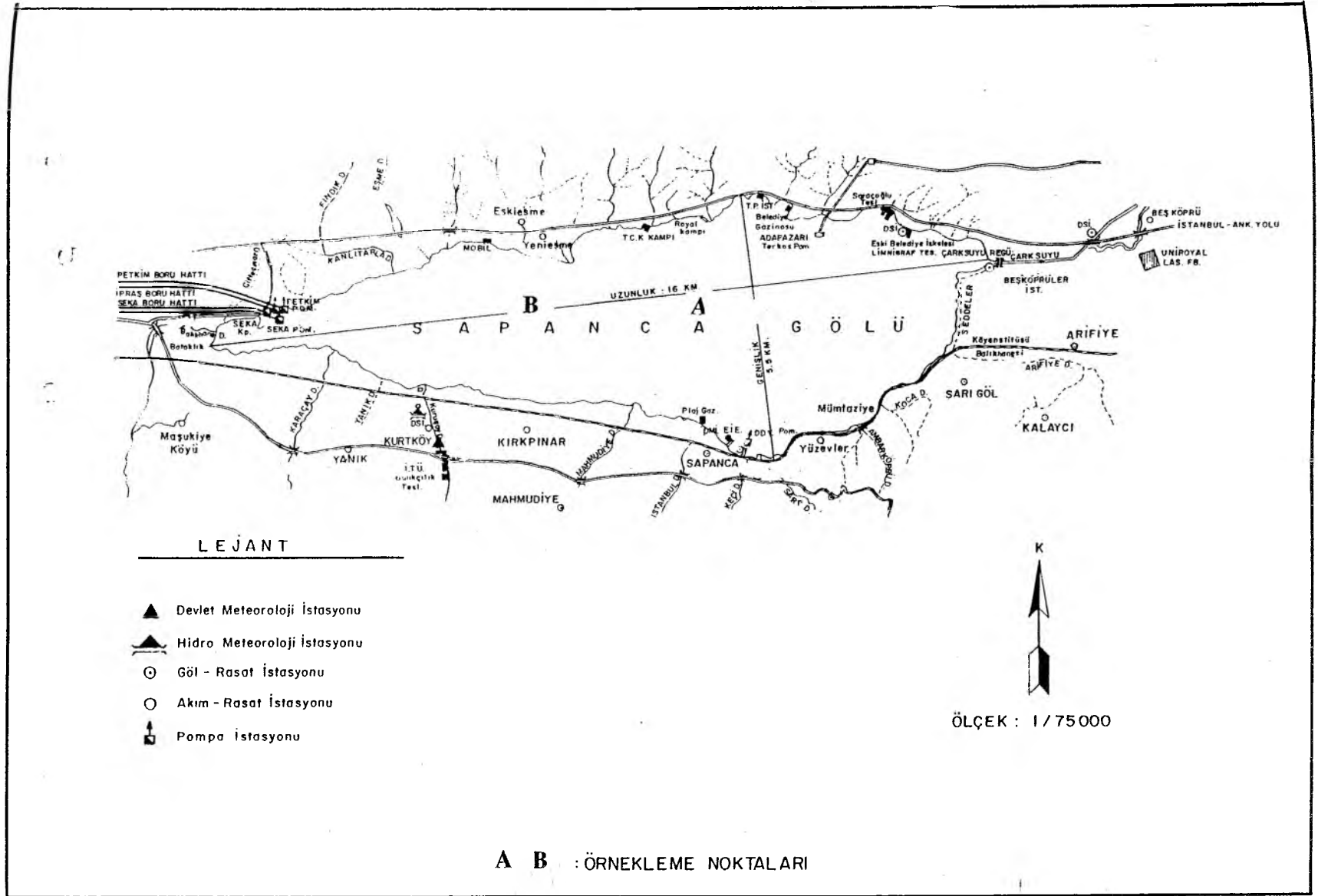
Bu çalışmada Sapanca gölünün limnolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla fiziksel ve biyokimyasal parametrelerden bazıları incelenmiştir. Son yıllarda Sapanca Gölünde çeşitli amaçlar doğrultusunda birçok çalışmalar gerçekleştirilmiş, ancak gölün gerçek limnolojik özellikleri tam olarak saptanmamıştır. Gölün limnolojik özelliklerinin kesin olarak belirlenmesi belli zaman aralıklarında birbirine bağımlı bir çok parametrenin analiziyle

mümkündür. Bunlar arasında; sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, iletkenlik, ışık geçirgenliği, besin tuzları (nitrit+nitrat, amonyak, silikat, ortofosfat), birincil üretim ve bunları sınırlayan besin tuzları (limiting nutrient) anyon ve katyonlar, klorofil-a, toplam organik karbon, deterjanlar, koliform tayini ve ağır metalleri sayabiliriz. Ancak bu parametrelerin ölçüm ve analizleri ekipman, zaman ve maliyet açısından her zaman mümkün olmadığından yeterli olmamaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı Sapanca Gölünün limnolojik özelliklerini mevsimsel olarak izleyerek belirlemektir. Bunun yanında ^{14}C ye dayalı birincil üretim ölçümleri her zaman mümkün olmadığından klorofil-a' ya dayalı birincil üretimin hesaplanmasıdır. Bir çok konular zaman, ekipman ve maliyet açısından yeterli koşullar her zaman mümkün olmadığından yeterince incelenememiştir. Bunlar uzun vadede incelenmesi gereken konular olup, özellikle göle giren organik ve anorganik kirleticilerin miktarı, gölün özümleme kapasitesi ve bunlarla ilgili modellemeler ve istatistiksel veriler izlenmesi gereken konuların başlıcalarıdır.

Çalışmanın amacına ulaşabilmek için gölden iki ayrı noktadan (A ve B) numuneler alınıp standart koşullarda gerekli ölçüm ve analizleri yapılmıştır.

Şekil 1. Sapanca gölü ölçüm ve örnekleme noktaları.



2. SAPANCA GÖLÜNDE ÇALIŞMA KAPSAMINDA ÖLÇÜMÜ YAPILAN PARAMETRELERİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada Sapanca gölünün limnolojik özelliklerini belirlemek amacıyla çeşitli parametrelerin ölçüm ve analizleri yapılmıştır. Ölçümler sonucu elde edilen verilerden birincil üretimi ve limnolojik özellikleri yorumlanmaya çalışılmıştır.

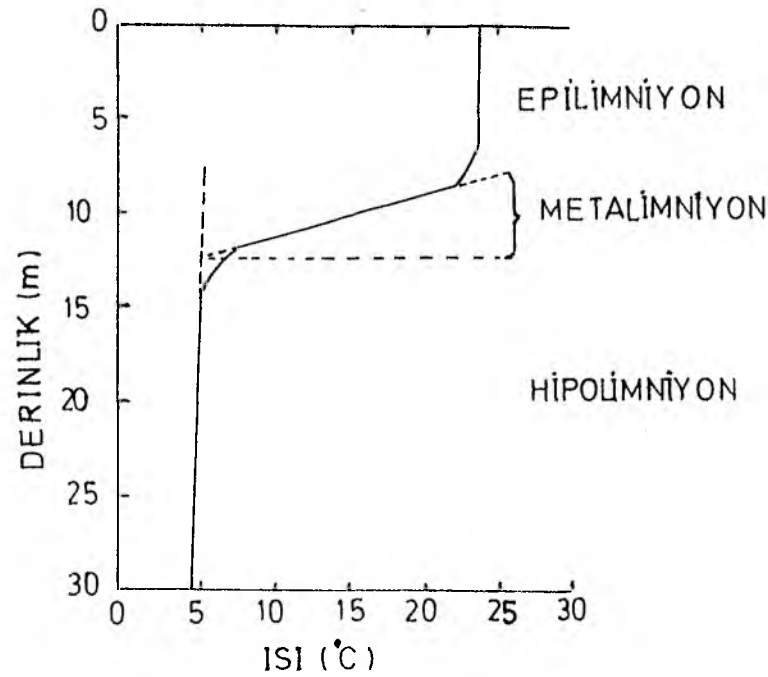
2.1. Sıcaklık

Sıcaklığın su kütleğinde değişik fiziksel ve kimyasal olaylar üzerinde önemli etkileri vardır. Çözünürlük, doygunluk, konsantrasyon, diffüzyon vb. olaylar sıcaklıkla etkilenirler. Gazların atmosferden suya geçmeleri, ölü biyolojik organizmaların dibe çökerek parçalanmaları böylelikle su ortamı için gerekli besin maddelerinin homojen bir şekilde yayılmaları gibi su yaşamı için önem taşıyan olaylar sıcaklıkla bağıntılıdır.

Sıcaklık bütün biyolojik olayların hızlarını kontrol ettiği gibi fiziksel bakımdan da su üzerinde önemli bir rol oynayarak, yoğunluğu etkileyip suyun hareketine yön vermekte ve ortamdaki canlılar için gerekli olan tabakalaşmayı sağlamaktadır. Yüksek sıcaklık çözünmüş oksijeni azaltırken, metabolizma faaliyetlerini artırır ve çözünmüş oksijene olan ihtiyacı artırır. Ayrıca mantarların gelişimini ve dıpsel birikimlerde bozunma hızını artırır, bu da balıkların yaşamını güçleştirir.

Su en yüksek yoğunluğa $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ de ulaşır, dolayısıyla soğuk veya sıcak olması halinde yoğunluk daima daha düşüktür. Göl suları yılın çok kısa periyodu hariç yüzeyden tabana kadar aynı sıcaklıkta değildir. En büyük ısı kaynağı güneştir. Güneş ışınlarının bir kısmı atmosferde büyük bir kısımda su kütle tarafından tutulur. Yine göllerin dolaylı olarak ısınmasında göllere su sağlayan kaynaklar ile yeraltı suları da önem taşımaktadır. Göllerde sıcaklığın derinlik ve konuma göre değişmesi göllerdeki ısı dağılımını oluşturmaktadır. Bu dağılım mevsimden mevsime önemli ölçüde değiştiği gibi, iklim koşulları, rüzgarın yarattığı karışımlar, barometrik basınç, kalıcı akıntılar ve yer değiştirmeler sonucunda değişmektedir.

Bilindiği gibi göllerde yüzey sularının ısınmasıyla birlikte bir ısı tabakalaşması oluşmakta ve bunun sonucunda göllerde üç farklı bölge meydana gelmektedir. Yaz aylarında oluşan yüzey ile termoklin tabakası arasında yer alan epilimnion tabakası, (sıcaklık bu tabakada hemen hemen homojendir) bu tabaka ile daha derinlerdeki tabaka arasında bulunan ve yüksek sıcaklık gradyenti ile karakterize olunan termoklin veya geçiş tabakası, (metalimnion) son olarak gölün dip sularını teşkil eden, daha soğuk ve homojen bir sıcaklığa sahip olan hipolimnion tabakasıdır. Bu katmanlaşmayı büyük ve derin göllerde belirgin olarak izlemek mümkündür (Şekil 2). Epilimnion tabakası homojen sıcaklığı ve yoğunluğu nedeniyle atmosferik olaylardan çabuk etkilenmekte ve rüzgarlarında etkisiyle homojen bir şekilde devamlı olarak karışabilmektedir. Hipolimnion tabakası ise atmosferik olaylardan hemen etkilenmemekte ve tabakalaşma süresince kapalı bir sistem gibi davranmaktadır [5].



Şekil 2. Göllerde sıcaklık tabakalaşmasının şematik olarak gösterimi [5].

2.2. pH

Suyun asit veya bazik özellikte olduğu, pH ile tespit edilir. pH su içerisindeki hidrojen iyonlarının derişimine bağlıdır. pH; sıcaklık, iletkenlik, oksijen ve karbondioksit ile yakından ilişkilidir. Suyun pH değeri gün içinde değışiklik gösterir. pH değeri gece en düşük, öğleye doğru en yüksek düzeydedir. CO₂ miktarı ise buna tamamen ters bir değışkenlik gösterir. Çünkü ışıklı kesimlerde yaşayan fitoplanktonlar, gündüz sudaki bikarbonat iyonlarından karbondioksit alırlar ve onları karbonat haline çevirirler. Bu durum suyun pH derecesini yükseltir. Gece ise bunun tam tersidir. Akvatik (sucul) organizmaların çoğu ortalama bir pH değışimine adapte olmuşlardır. Ani ve kuvvetli pH değışimlerine kolayca uyamazlar. Bu organizmaların hücresel ve enzimatik faaliyetleri oldukça dar bir H⁺ konsantrasyonunda cereyan eder. Yüksek ve düşük pH değerlerinin planktonlar, balıklar ve balık yumurtaları üzerinde olumsuz etkileri vardır. Bu nedenle iyi bir suyun pH'sının 6.5-8.5 arasında olması istenir. Örneğin planktonlar için en uygun pH 7.5-8.5 arasındadır. Çünkü 8.5 pH nın üstünde yosunlar pek barınamazlar. Balık yumurtaları içinse 6.0-7.2 tercih edilen sınırlardır. pH değerinin 1380 Sayılı Su Ürünleri Kanununda limit değer olan 6.5-8.5 arasında olması istenir [6].

2.3. İletkenlik

İletkenliği suda erimiş iyonlar oluşturur. Bir çözeltilen akımın geçmesi o çözeltideki iyonların hareketi ile sağlanır. Suyun elektriksel iletkenliği, su sıcaklığı ile yakından ilişkili olup, sıcaklık artışı ile iletkenlik artmaktadır. Su içerisindeki bütün tuzlar suyun fiziksel ve kimyasal özelliğini değıştirir ve balıklar üzerinde ozmotik basınç yaratırlar. İletkenliği 25 °C de 2000 mikrohoms/cm' yi aşan bir suda genellikle balıklar barınamazlar. İyi ve karışık bir fauna için iletkenliğin 25 °C de 150-500 mikrohoms/cm arasında olması istenir [6].

2.4. Çözünmüş Oksijen

Oksijenin sudaki çözünürlüğü; sıcaklığa, pH değerine, sudaki çözünmüş madde

derişimlerine, havadaki oksijenin kısmi basıncına, sudaki minarellerin derişimine, biyokimyasal parçalanmalara ve birincil üretime bağıdır.

Sudaki çözünmüş oksijen girdisi algler tarafından gerçekleştirilen fotosentez olayı sonucu üretilen oksijen ile havadaki oksijenin diffüzyon yolu ile suya geçmesine bağıdır. Atmosferden alınan oksijenin miktarı su sıcaklığı ile ilişkilidir. Su içindeki çözünmüş oksijenin kısmi basıncı sıcaklıkla ters orantılıdır. Bu nedenle suya kışın daha çok, yazın daha az oksijen karışır. Çözünmüş oksijen suda yaşamını sürdüren ve yaşamı solunum olayına bağı aerob canlılar için gereklidir. Algler gündüz suda fotosentez yoluyla O₂ üretimi gerçekleştirirler. Gece bunun tam tersidir, solunum yoluyla oksijen tüketirler.

Göl suyunun üst tabakalarında ve fotosentez hızının yoğun olduğu tabakalarda çözünmüş oksijen miktarı fazladır. Derine doğru inildikçe ışığın ulaşamadığı ve daha derin kısımlarda azalma görülür. Sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu organik madde miktarına bağı olarak azalır, çünkü organik madde girdisiyle bakteriyel faaliyetler artar, bunun sonucunda bakteriler ortamdaki çözünmüş oksijeni tüketirler. Şayet yeterli miktardaki oksijeni algler üretemezse ortamdaki oksijen azalır. Azalan oksijen su canlılarını doğrudan veya dolaylı olarak etkileyecektir. Çözünmüş oksijen azalmasından özellikle balıklar çok etkilenirler. Bu nedenle 1380 Sayılı Su Ürünleri Kanununda çözünmüş oksijenin 6 mg/l' nin altına düşmemesi istenir [6]. Sıcaklık ve çözünmüş oksijen arasında önemli bir ilişki vardır. Çözünmüş oksijen değerleri sıcaklıkta göz önüne alınarak değerlendirilir.

2.5. Klorofil-a

Klorofil-a, dört pirol halkası ve merkezinde magnezyum atomu bulunan bir metalloporfirindir. Klorofil molekülünün floresans için uygun bir yapısı vardır. Klorofil-a' nın dışındaki pigmentler (yardımcı pigmentler) güneş enerjisini tuttuktan sonra bu enerjilerini klorofil-a' ya aktararak klorofilin etkisini artırırlar. Örneğin, karotenoidler mavi dalga boyundaki ışığı absorbe ederek enerjiyi önce klorofil-b' ye sonra da klorofil-a' ya verirler. Fotosentez, klorofil-b ve karotenoid eksikliğinde de devam eder.

Fotosentetik pigmentlerin farklı absorpsiyon maksimumları olması nedeniyle, düşey spektral dağılımda fotosentez olayını başarırlar. Fitoplanktonların çoğu 350-700 nm dalga boyundaki ışığı kullanabilme yeteneğine sahiptirler. Fotosentez doğrudan toplam ışık şiddetine değil fakat kullanılabilir quantum miktarına bağlıdır [7].

2.6. Toplam Organik Karbon

Organik madde, karbon, hidrojen, oksijen ile azot, fosfor, kükürt gibi elementlerin oluşturduğu bileşiklerdir. Sularda çözünmüş durumda bulunan organik maddeler, bir yandan hayvansal veya bitkisel olmak üzere doğal kökenli, öteyandan da arıtılmamış kentsel ve endüstriyel atık sularla birlikte gelen doğal olmayan bileşiklerden oluşur. Yüzeysel suların içerdiği organik maddeler genellikle aynı sulardaki anorganik bileşiklerden 10 ila 100 kat daha düşük derişimlerde bulunurlar [8,9].

Toplam organik karbon çözünmüş ve partiküler olmak üzere iki bölümde incelenir. Göllerde çözünmüş organik karbon iç veya dış kaynaklı olabilir. Karasal kaynaklı partiküler organik karbon göllere nehirler veya atmosfer yoluyla taşınır. İç kaynaklı partiküler organik karbonun büyük bir kısmı besin zincirinde fitoplanktonlar tarafından üretilir.

Bir takım süreçler sonucunda çözünmüş organik karbon partiküler organik karbona, partiküler organik karbon da çözünmüş organik karbona dönüşebilir ve aralarında devamlı bir denge vardır (ÇOK $\longrightarrow$ POK). Partiküler organik karbon canlı veya cansız kısımlardan oluşan ve 0.5 - 10 μm yarı çapındaki parçacıklardır. Canlı kısmın büyük bir bölümünün fitoplankton olduğu varsayılırsa toplam partiküler organik karbon şu şekilde ifade edilebilir [10]:

$$\text{POK(Toplam)} = \text{POK(Cansız kısım)} + (\text{Klorofil-a} \times f)$$

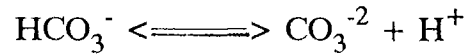
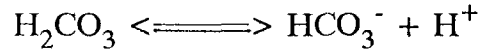
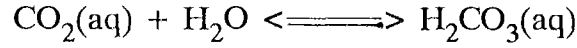
f: Faktör.

Canlı kısım genellikle toplam partikül organik karbonun büyük kısmıdır ve fitoplankton patlamaları sırasında miktarı değişir.

2.7. İnorganik Karbon

İnorganik karbon bileşikleri çözünmüş karbondioksit, karbonat ve hidrojen karbonattır.

$$\Sigma \text{CO}_2 = [\text{CO}_2(\text{aq})] + [\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$$



Suda toplam karbonun en önemlileri çözünmüş $[\text{CO}_2(\text{aq})]$, H_2CO_3 , HCO_3^- ve CO_3^{2-} tir. Bütün bunların en önemlileri karbonat ve bikarbonattır [8].

Toplam inorganik karbon formlarının tatlı sulardaki yoğunluğu suyun pH değerine bağlıdır. pH değeri ise karbonik asidin, bikarbonatların ve karbonatların tampon (buffer reaksiyonu) etkisi altındadır. Bu önemli tampon görevini üstlenen bikarbonatlar, karbonatlar ile tuzlar göl çevresinde ve yatağında bulunan kayalardan kaynaklanır [5].

Algler ve su altı bitkileri (makrofit) fotosentez sırasında pek çok karbon tüketirler. Sudaki serbest CO_2 algler ve yüksek akvatik bitkiler tarafından kullanılır. Bir grup algler sadece CO_2 den, bazılarıda HCO_3^- iyonlarından yararlanırlar (suda bağımsız CO_2 'in düşük, yada HCO_3^- iyonlarının fazla olduğu dönemlerde). Bazı alg türlerinin sadece HCO_3^- iyonlarını tükettiği belirtilmektedir [5]. İnorganik karbon besin kaynağı olarak, metabolizması fotosenteze bağlı bitkilerin yaşamı için büyük önem taşır.

2.8. Azot

Azot, canlılardaki temel elemanlardan biridir. Bu nedenle azot, canlı besin maddelerinin de vazgeçilmez bir bileşenini temsil eder. Gerek canlı bünyesinde, gerek besin maddelerinde ve gerekse ölü organizmalarda bulunan azot, doğada azot devri sürekli dönüşüm gösterir. Bu biyojeokimyasal dönüşüm sırasında azot çeşitli oksidasyon aşamalarından geçer (nitrat olarak, nitrit olarak, amonyak olarak).

Temiz veya kirlenmiş sularda azot pek çok bileşikte bulunabilir, ancak genellikle amonyak, albumin azotu, organik azot, nitrit ve nitratlar ölçülür. Pek çok kullanım için uygun olan sularda toplam azot miktarı 10 mg/l' yi geçmemelidir [6].

Sulama amacıyla kullanılan sularda azot bulunması yararlıdır, çünkü pek çok organik ve kimyasal gübrenin temelini oluşturmaktadır. Balık besinini teşkil eden organizmalar için toplam azot derişimi, azotlu bileşiğin cinsi kadar önemli değildir. Azot, aminoasitler ve amonyak biyolojik gelişmeyi engelleyebilir. Fakat nitratlar fitoplanktonları arttırır. Azotun kritik derişimi (fosforun 0.015 mg/l' nin altında olması koşuluyla) 0.3 mg/l dir. Göllerde 0.01 mg/l fosfor ve 0.3 mg/l inorganik azot bulunması bahar aylarında gölün alt üst olması sırasında önemli derecede alg patlamalarına neden olabilir [6].

Yüzeysel sulara karışan azot bileşikleri doğal yada insan kaynaklı olabilir. Ancak insan kaynaklı azot yükünün doğal kaynaklı olanlara kıyasla çok daha önemli olduğu görülmektedir.

2.9. Nitrat Azotu

Nitratlar ve amonyum tuzları sürekli olarak organik azot bileşiklerinin bakteriler tarafından parçalanması sonucu oluşurlar. Bu organik azot bileşikleri ise gerek canlıların metabolik artıkları gerekse ölü bünyeleri tarafından sağlanır. Nitratlar, sulama suları, yeraltından sızmalar, yağmur suları, evsel ve endüstriyel atıksular gibi pek çok yoldan su kaynaklarına ulaşabilirler.

Sulama sularında aşırı nitrat bulunması toprak geçirgenliğini azaltabilir, ancak genelde gübre etkisi yaptığından istenir. Sularda yüksek nitrat derişimleri plankton ve su bitkilerinin gelişimini arttırarak balık üretimine katkıda bulunurlar. Fakat içme amaçlı sularda ötrofikasyona neden olacağı için istenmez. İçme suları için sınır değeri 45 mg/l'dir [11].

2.10. Nitrit Azotu

Suda nitritler genellikle bakterilerin amonyak ve organik azotu etkilemeleriyle oluşurlar. Amonyak ve nitrata kıyasla nitrit iyonları yüzeysel sularda daha düşük derişimlerde bulunurlar. Bunun nedeni nitrit'in ortama göre gerçekleşen indirgenme ve yükseltgenme reaksiyonlarının bir ara ürünü olmasıdır. Böylece nitrit ya oksitlenerek nitrata dönüşmekte veya indirgenerek amonyağa dönüşmektedir. Amonyak ve nitratla birlikte suda nitrit bulunması genelde kirlenmenin göstergesidir. TS 266'ya göre içme suyunda nitrit bulunmaması gerekmektedir [11]. 1380 Sayılı Su Ürünleri Kanunu ve ekli tüzükte 10 mg/l olarak verilen nitrit limiti ($\text{NO}_2\text{-N}$ olarak) 3 mg/l verilmektedir [6].

Yeterli derecede nitrifikasyona uğramamış atık suların alıcı ortama verilmesi durumunda yüksek nitrit değerlerine rastlamak mümkündür. Bu durumda sudaki canlılarda toksik durum görülür. Örneğin alabalıklar için 24 saatlik LC_{50} değeri 0.55 g $\text{NO}_2\text{-N}/\text{m}^3$ verilmektedir [10].

2.11. Fosfat

Fosfatlar yüzeysel veya yeraltı sularında, minerallerden veya madenlerden doğal parçalanma süreçlerinin sonucu olarak, tarımdan dönen suların endüstriyel ve evsel atıkların su kaynaklarına katılmasının sonucu olarak bulunurlar. Genellikle yüzeysel sularda fosfat derişimleri bitkiler tarafından kullanılarak fotosentez ile hücre yapısına alındıklarından yüksek değildir.

Fosforun inorganik fosfor olarak ortofosfat (PO_4) formu önemlidir. Göl sularında bulunan fosforun büyük bir kısmı (% 90) organik fosfor olarak, canlıların hücre yapısında ve ölü organik maddeler içerisinde. Fosfor bir çok göllerde alg büyümesi üzerinde rol oynar [9,12,13]. Ancak bazan azot, karbon ve eser elementler de sınırlayıcı olabilir.

Bir gölün biyolojik verimliliği, taşıdığı çözünmüş yada askıdaki fosfora ve fosforlu maddelere bağlıdır. Fosfatların önem taşıyan özellikleri ise dört grupta toplanmıştır;

- a) suda çözünebilir,
- b) asitte çözünebilir sestonik fosforlar ki bunlar genellikle ferrik fosfatlar ve kalsiyum fosfatlardır,
- c) organik çözünebilir ve kolloidal fosforlar,
- d) organik asılı duran (sestonik) fosforlar.

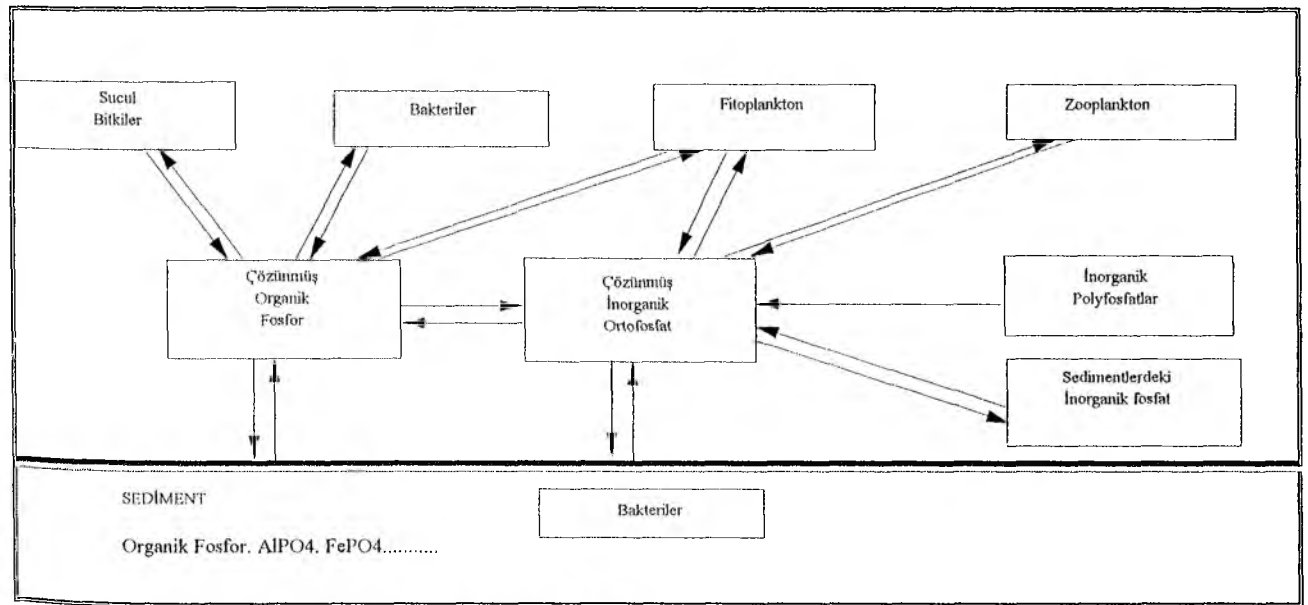
Kirlenmemiş doğal göllerde toplam fosfat yoğunluğu $1 \mu\text{g/l}$ kadardır (bu kapalı tuzlu göllerde $>200 \mu\text{g/l}$). Birçok kirlenmemiş yüzeysel sularda bölgenin jeolojik yapısına bağlı olarak $10-50 \mu\text{g/l}$ arasında değişir (Tablo 1).

Gölün karakteri (verimlilik)	Toplam fosfor (ortalama değerler) $\mu\text{g/l}$
Ultra - oligotrofik	< 5
Oligo - mezotrofik	$5 - 10$
Mezo - ötrofik	$10 - 30$
Ötrofik	$30 - 100$
Hiper ötrofik	> 100

Tablo 1. Göllerin verimliliği ile epilimnetik toplam fosfor yoğunluğu ilişkisi [5].

Göl ortamında fosfor döngüleri önemlidir. Buradaki fosfor çevrimini genelde biotadan rejenere olan fosfor belirler. Tatlı sudaki fosforun kalma süresi 0.05 saatten 200 saate kadar değişebilir [10]. Kısa kalma süresi olan bu sistem düşük miktarlarda fosfat içerir veya alglerin hızlı gelişmelerinde olduğu gibi biyolojik açıdan çok aktiftir. Doğal sularda, sedimentlerde bulunan fosfor, göl suyu ile sürekli bir dolaşım halindedir. Bu dolaşım fosforun sedimentten suya geçmesi ve sudaki fosforun yeni baştan sedimente dönmesi bir takım fiziksel, kimyasal ve metabolik etkenler altında oluşur (Şekil 3).

Göl suyunun verimliliği ile sedimentte bulunan fosfor yoğunluğu arasında az bir ilişki vardır. Sediment göl suyuna oranla çok daha fazla fosfor taşıyabilir. Bu dolaşım da önemli olan etkenler, sedimentin fosforu belirli bir süre tutabilmesi, göl suyunun durumu ve sediment içinde bulunan canlılar fosforun sudan sedimente dönüşünde etkilidir. Fosforun sediment içinde dağılmasında, doğal yayılma (difüzyon) olayı yanında, bakterilerin, mantarların, planktonların ve çeşitli hayvanların etkisi vardır [5]. Fosfor alg fizyolojisinde önemli bir yere sahiptir. Alglerin ortamdaki fosfordan yararlanabilmeleri bir takım koşullara bağlıdır. Bu oldukça karışık mekanizmada ışık, pH ve ortamdaki CO_2 yoğunluğunun önemi büyüktür. Bir çok alg türleri ancak belirli derecedeki bir pH ortamında fosfordan yararlanabilir [5].



Şekil 3. Su ortamında fosfor döngüsü [9,14].

2.12. Göllerde Azot ve Fosforun Etkisi

Azot ve fosfor göllerin trofik durumunu etkileyen en önemli anahtar parametrelerdir. Vollenweider' e göre bir göle değişik kaynaklardan ulaşan azot ve fosfor için müsaade edilen ve tehlike sınırı üzerindeki yük girdileri Tablo 2' de verilmiştir [13,15].

Ortalama göl derinliği(a) (m)	Müsaade edilen yük(b) (g/m ² .yıl)		Tehlikeli yük (c) (g/m ² .yıl)	
	<u>Azot</u>	<u>Fosfor</u>	<u>Azot</u>	<u>Fosfor</u>
5	1.0	0.07	2.0	0.13
10	1.5	0.10	3.0	0.20
50	4.0	0.25	8.0	0.50
100	6.0	0.40	12.0	0.80
150	7.5	0.50	15.0	1.00
200	9.0	0.60	18.0	1.20

Tablo 2. Göl derinliğine göre müsaade edilen azot ve fosfor yükleri [15,16].

Burada:

- a) Verilen derinlik; örneğin 5 m' lik değer 0-5 metrelik tüm gölleri kapsar, 10 m'lik değer ve karşısı olan azot, fosfor değerleri 5-10 m arası ortalama derinliği olan göller için geçerlidir,
- b) Verilen değerler üst sınırdır,
- c) Tehlike sınırı bu değerlerden başlamakta olup, verilen değerler tehlike sınırının başlangıç noktasıdır.

Alglerin üremesi için gerekli azot/fosfor oranı yaklaşık 16/1 (mol/mol) veya 7/1 (ağırlık/ağırlık) dir. Oligotrofik göllerde genellikle fosfor oranı düşüktür ve ilk önce tüketilir. Fosfor tüketildiğinde gölde azot fazlası bulunur. Diğer taraftan ötrofik göllerde azot/fosfor oranı 7/1 den küçüktür. Böyle bir ortamda alglerin aşırı geliştiği mevsimlerde azot tüketildiği halde ortamda bir miktar fosfor vardır. Aşırı alg üremesi olan mevsimlerde göldeki azot/fosfor oranı gölün trofik durumunu belirleyen diğer bir parametredir. Yaz mevsiminde oluşan tabakalaşma sırasında epilimnionda serbest nitratların bulunması göldeki oligotrofik özelliği gösterir. Aşırı yağışlardan sonra gölde azot/fosfor oranı değişebilir.

Fosfat kaynaklarından biride deterjanlardır. Deterjan yapımında katkı maddesi olarak büyük miktarlarda fosfat ve polifosfat bileşikleri kullanılmakta olduğundan göllerde (ve diğer alıcı sularda) fosfat atıkları birikmektedir. Fosfat atıklarının göllere birikmesi aşırı beslenmeye ve aşırı alg üremesine yol açmaktadır. Aşırı alg üremesi de su ekosisteminin bozulmasına ve balıklar için de zararlı etkilere neden olur [17].

Sulama amaçlı sularda fosfatın fazla önemi yoktur, hatta üretimi arttırmada gereklidir. Büyük oranda fosfatların alıcı su ortamına boşaltılması, alglerin aşırı büyümesi, koku ve balık zararlarına yol açar. Pestisit üretiminde kullanılan organik fosfatlar ise su ürünlerinin çoğuna zararlı etki yapar. Fosfatlar için sınır değer Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde 0.005 mg/l ile 0.1 mg/l arasında verilmektedir [9]. Ortalama organik fosfor derişiminin göllerde 0.01 mg/l olduğu durumlarda aşırı alg büyümeleri görülmektedir. Göllerde azot ve fosfor derişimleri biyolojik üretkenliği düzenleyen önemli etkindir. Azot/fosfor oranlarının 30/1 ve 15-18/1 olmasının alg patlamaları için en uygun durum olduğu gözlenmiştir [6].

2.13. Silikat

Silikatlar kimyasal olarak reaktif olmamasına karşın göllerde genellikle ya asit silisikler (H_2SiO_3) yada silisyumdioksit (SiO_2) halinde değişik yoğunluklarda çözünmüş olarak bulunurlar.

Alglerin üremesi için gerekli azot/fosfor oranı yaklaşık 16/1 (mol/mol) veya 7/1 (ağırlık/ağırlık) dir. Oligotrofik göllerde genellikle fosfor oranı düşüktür ve ilk önce tüketilir. Fosfor tüketildiğinde gölde azot fazlası bulunur. Diğer taraftan ötrofik göllerde azot/fosfor oranı 7/1 den küçüktür. Böyle bir ortamda alglerin aşırı geliştiği mevsimlerde azot tüketildiği halde ortamda bir miktar fosfor vardır. Aşırı alg üremesi olan mevsimlerde göldeki azot/fosfor oranı gölün trofik durumunu belirleyen diğer bir parametredir. Yaz mevsiminde oluşan tabakalaşma sırasında epilimnionda serbest nitratların bulunması göldeki oligotrofik özelliği gösterir. Aşırı yağışlardan sonra gölde azot/fosfor oranı değişebilir.

Fosfat kaynaklarından biride deterjanlardır. Deterjan yapımında katkı maddesi olarak büyük miktarlarda fosfat ve polifosfat bileşikleri kullanılmakta olduğundan göllerde (ve diğer alıcı sularda) fosfat atıkları birikmektedir. Fosfat atıklarının göllere birikmesi aşırı beslenmeye ve aşırı alg üremesine yol açmaktadır. Aşırı alg üremesi de su ekosisteminin bozulmasına ve balıklar için de zararlı etkilere neden olur [17].

Sulama amaçlı sularda fosfatın fazla önemi yoktur, hatta üretimi arttırmada gereklidir. Büyük oranda fosfatların alıcı su ortamına boşaltılması, alglerin aşırı büyümesi, koku ve balık zararlarına yol açar. Pestisit üretiminde kullanılan organik fosfatlar ise su ürünlerinin çoğuna zararlı etki yapar. Fosfatlar için sınır değer Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde 0.005 mg/l ile 0.1 mg/l arasında verilmektedir [9]. Ortalama organik fosfor derişiminin göllerde 0.01 mg/l olduğu durumlarda aşırı alg büyümeleri görülmektedir. Göllerde azot ve fosfor derişimleri biyolojik üretkenliği düzenleyen önemli etkindir. Azot/fosfor oranlarının 30/1 ve 15-18/1 olmasının alg patlamaları için en uygun durum olduğu gözlenmiştir [6].

2.13. Silikat

Silikatlar kimyasal olarak reaktif olmamasına karşın göllerde genellikle ya asit silisikler (H_2SiO_3) yada silisyumdioksit (SiO_2) halinde değişik yoğunluklarda çözünmüş olarak bulunurlar.

Suyun ısı ve pH' nın silikat bileşimleri üzerinde önemli etkisi vardır. Silikat ana kaynağı jeolojik yapıdaki silikatca zengin kayalardır. Göllerde bulunan fitoplanktonların en önemlileri arasında diatomlar yer alır. Diatomlar, hücre kabuklarının yapılarının oluşturulması için silikat kullanırlar. Bu nedenle göllerde, bahar patlamasından sonra üst sulara silikat derişimi oldukça azalır. En yüksek düzeyde silikat miktarları ise; yaz sonları-sonbahardadır. Nedeni ise büyük miktarlarda diatomların sediment içerisine birikmesi ve sedimentten silikatlar olarak ayrılmasıdır. Göllerin çeşitli katlarında silikat yoğunluğu, bölgenin ekolojik özelliğine göre değişir. Göl karakterize edilirken bu açıdan da ele alınır. Silis doğal sulara, çok ince veya kolloidal askıda madde olarak 40 mg/l' ye varan konsantrasyonlarda bulunabilmektedir. İçme sularında 50 mg/l' den büyük derişimler bulanıklığa yol açar. Silikatın diğer besleyicilerle birlikte bulunması, diatomların üremelerini artırır.

2.14. Işık

Göllerdeki canlı yaşamın oluşmasını ve besin ağının sürekliliğini sağlayan temel parametrelerden birisi de güneş ışığıdır. Güneş ışığı çözünmüş ve partikül madde tarafından absorblanır yada yansıtılır. Bunun sonucu olarak belli bir su derinliğinin altına güneş ışığının ulaşması mümkün değildir. Sulu ortamda fotosentez ise ancak yüzey ışık şiddetinin % 1' e kadar düştüğü derinlikte aktif olarak devam eder [7]. Bu derinliğin üstünde kalan sulara fotosentez-solunum farkı pozitifdir.

Alglerin yetişmesi için her türlü besinin varlığı kabul edilse dahi, o gölde üretimin ne derecede olabileceğini ancak ışık şiddeti tayin eder. Işığın su kütlesine etkisi, su kütlesine nüfuz etmesi ve su yüzeyi tarafından alınan ışık miktarı, coğrafi enlem, yükseklik, bulut örtüsü ve bunun gibi faktörlere bağlıdır. Işığın etkisi günlük ve mevsimlik olarak değişik şekilde olabilir. Yazın, güneş ışığının dik olarak gelmesiyle suya giren ışık şiddeti maksimum olur (dalgalanmanın olmadığı normal yansıma durumunda).

Işığın herhangi bir gölde veya alıcı su ortamında kaç metre derinliğe kadar etki edebileceği, ışık geçirgenliğine (transparency) bağlıdır. Işık geçirgenliği ise, sudaki

suspansiyon ve koloidal madde miktarı, ışık şiddeti ve ışığın geliş eğimi ile ilişkilidir. Ayrıca göllerde ışık geçirgenliği bulanıklık, plankton yoğunluğu ve iklim şartları ile de bağlantılıdır. Doğal göllerde ışık şiddetinin azalması daha hızlı olur ve aşağıdaki denklem ile açıklanır [18]:

$$I_d = I_o \cdot e^{-K_e \cdot d}$$

burada;

I_d = herhangi bir derinlikteki ışık şiddeti

I_o = su yüzeyinde ışık şiddeti

d = ışığın nüfuz edebildiği derinlik

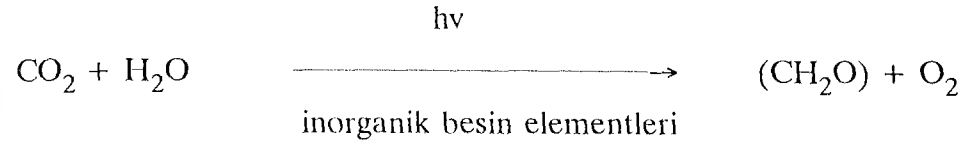
K_e = ışığın sönüm katsayısı (extinction coefficient m^{-1})

Sık kullanılan bir diğer metotta seki disk derinliğidir (Secchi depth). Burada seki diskin kaç metre derinlikte görünmez olduğu veya kaç metre derinlikte görünmeye başladığıdır.

Göllerin ışık geçirgenlikleri mevsimlere, karışımın büyüklüğüne, gelen sularla meydana gelen bulanıklık ve plankton büyümeleri dolayısıyla değişir. Işık biyolojik büyümeye, üremeye, hareket etme kabiliyetine ve diğer yaşam işlevlerine etki eder. Fitoplanktonlar fotosentezde kullandıkları enerjiyi ışıktan elde ederler. Fitoplanktonlar littoral ve limnetik bölgelerde bulunabilirler, yüzeydeki ışık şiddetinin % 1' e kadar düştüğü ve ışığın dengelenme seviyesi (light compensation level) adı verilen derinliğe kadar uzanır. Bu seviye fotosentez ile kazanılan enerjinin fitoplanktonlarda solunum için sarf edilen enerjiye eşit olduğu derinliktir. Işık dengelenme derinliğinin altında fotosentez çok düşüktür veya hiç yoktur. Bu seviyenin altında derin bölge (profundal zone) vardır [18].

3. BİRİNCİL ÜRETİM VE SINIRLAYICI FAKTÖRLER

Birincil üretim, ftoplanktonların ve yüksek bitkilerin sudaki CO₂ ve inorganik besin elementlerini kullanarak güneş ışık enerjisi ile organik madde sentezlemeleridir. Fotosentez olayı aşağıdaki reaksiyonla özetlenebilir.



Birincil üretimi saptamak için bir çok yol vardır.

Bunlar;

- kullanılan CO₂ konsantrasyonun ölçümü,
- üretilen organik madde konsantrasyonu,
- üretilen O₂ konsantrasyonun ölçümü,
- tüketilen besin elementleri konsantrasyonlarındaki değişikliklerin belirlenmesi,
- biyomas konsantrasyonun ölçümü (klorofil-a),
- radyoaktif (¹⁴C) izleyiciler kullanarak sağlanmaktadır.

Birçok parametreye bağlı bir fonksiyon olan birincil üretim basit olarak şu şekilde ifade edilir [10,19]:

$$\text{PROD} = \mu_{\text{max.}} \times f(T) \times f(I) \times f(N) \times f(P) \times AC$$

μ_{maksimum}	= maksimum spesifik büyüme hızı
$f(t)$	= sıcaklık faktörü
$f(I)$	= ışık faktörü
$f(N)$	= azot faktörü
$f(P)$	= fosfor faktörü

A.C. = algisel karbon

Algler besin elementlerini enzimlerin sentezlenmesi amacıyla kullanılır. Besin elementlerinin su ortamındaki ve fitoplankton yapısındaki oran ve miktarı alg türlerine ve çevre koşullarına bağlı olarak değişebilir. Bununla birlikte bütün fitoplankton türlerinin içerdiği minimum N ve P değerleri vardır. Yaşadıkları ortam koşullarına bağlı olarak N ve P konsantrasyonu maksimum bir seviyeye ulaşabilir.

Fitoplanktonların büyümesinde esas rol oynayan besin elementleri özellikle azot ve fosfordur. N genellikle $\text{NO}_3\text{-N}$ ve $\text{NH}_4\text{-N}$, P ise $\text{PO}_4\text{-P}$ şeklinde tanımlanırlar. Genellikle göllerde büyümeyi sınırlayıcı besin elementi fosfordur [20]. Bunun için su kalitesi kontrolünde fosfor girdi değerleri önem kazanır. Göllerin su kalitesinde bir bozulma olmadan kabul edilebilecek fosfor yükü $L_c(P)$ ve fazla fosfor yükü $L(P)$ aşağıdaki eşitliklerden hesaplanabilir [20]:

$$L_c(P) = 100 + 10 \left(\frac{Z}{R_{su}} \right) \text{ mg P/m}^2\text{-yıl}$$
$$L(P) = 100 + 10 \left(\frac{Z}{R_{su}} \right) \text{ mg P/m}^2\text{-yıl}$$

Burada;

Z = ortalama derinlik,

R_{su} = bekleme süresidir.

Bilindiği üzere su ortamında optimum alg büyümesi çok sayıda koşulun gerçekleşmesini gerektirir. Ayrıca C, N, P, K ve S gibi ana elementlerin varlığı alg çoğalması için gereklidir. Bu elementlerin yanısıra az miktarlarda Fe, Mn, Cu, Co, Zn, B ve Mo gibi minor elementler ile tiamin, niasin, biotin ve B_{12} vitaminlerine de ihtiyaç vardır.

Pek çok gölde fosfor derişiminin sifıra yaklaşması durumunda, azot genellikle önemli derişimlerde bulunabilir. Bu tür göllerde fosfor, biyokütle sentezinde azota oranla daha etkin bir sınırlayıcı element olarak kendini göstermektedir. Gölde derin suları ve sediment taşınımını içeren hareketten dolayı sürekli bir besin elementi yenilenmesi

mevcuttur. Bu nedenle, örneğin bazı eser elementler (Mn, Mo, vs.) göllerde çok ender olarak büyümeyi sınırlar [9]. Eser elementlerin göldeki eksikliği veya sınırlayıcı olmaları, ancak geçici ve çok nadir durumlarda görülür. Böylece birçok iç sularda fosfor, üretimi etkileyen en önemli etken olarak kendini gösterir.

4. SAPANCA GÖLÜNÜN LİMNOLOJİK ÖZELLİKLERİ KONUSUNDA DAHA ÖNCE YAPILAN ÇALIŞMALAR

4.1. Sapanca Gölü Kirlilik Araştırması Çalışması

1980-82 yıllarında DSİ tarafından 18 istasyonda gölü besleyen ve gölden çıkan akarsulardan aylık örnekler alınarak çalışma gerçekleştirilmiştir [3]. Toplanan verilerin değerlendirilmesi sonucunda göl ve gölü besleyen sularda kirlenme düzeyinin henüz yüksek olmadığı, göl kalitesinin ölçülen parametreler açısından içme-kullanma, endüstri suyu sağlanması ve su ürünleri üretimi amaçlarıyla kullanıma uygun olduğu ve gölün oligotrofik yapıda olduğu gözlenmiş, ayrıca mevcut su kalitesinin korunması amacıyla öneriler getirilmiştir.

Çalışma kapsamında toplanan veriler esas alınarak Sapanca gölünde tabakalaşma, karışım ve aşırı beslenme olayları açısından irdelendiğinde, gölün ılıman iklim kuşağı gölleri için bilinen özellikleri taşıdığı gözlenmiştir. Termoklin tabakası mevsimlere bağlı olarak 15 metre ile 30 metre arasında yer aldığı belirtilmektedir. Sonbaharda alt üst olma olayının da belirginliği vurgulanmaktadır.

Gölün çözünmüş katılar açısından çok zengin olmadığı, proje süresince yapılan ölçümlerde çözünmüş madde miktarının 112 mg/l ile 173 mg/l arasında değiştiği gösterilmiştir. Göldeki toplam azot ve ortofosfat yüklerinde çok yüksek değerlere ulaşmadığı raporda belirtilmektedir.

4.1.1. Sapanca Gölünün Limnolojik Özelliklerinin Belirlenmesi Çalışması

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Çevre Bölümünce yapılan çalışmada gölün limnolojik özelliklerinin belirlenmesi çalışması gerçekleştirilmiştir [1]. 1989 Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında yapılan saha çalışmalarından, göldeki azot bileşiklerinin derişimi dikkate alındığında fosfat derişiminin düşük olduğu görülmüştür. Raporda

belirtildiği gibi klorofil-a maksimumu daima termoklin tabakasının altında olduğundan yüzey ışık şiddetinin % 1' e indiği derinliğe kadar dinamik bir biyolojik sistemin varlığı belirtilmiştir.

Nitrat derişiminin 200 µg/l' ye ulaştığı alt sularda ortofosfat derişimi 2 µg/l'nin altında bulunmuştur. Fitoplankton yoğunluğunun fazla olduğu ara tabaka hariç, toplam fosfat derişimi 6-10 µg/l arasında bulunmuştur. Epilimnion tabakasındaki klorofil-a, seki disk ve toplam fosfat değerleri kulanılarak Trofik State Indeks (TSI) değerleri 28-35 hesaplanmış ve bu değerden gölün oligotrofik özellik gösterdiği hesaplanmıştır.

4.1.2. Sapanca Gölünün Çeşitli Kaynaklar İle N ve P Yüklenmesi Çalışması

İ.T.Ü. Sakarya Mühendislik Fakültesi elemanlarınca gerçekleştirilen bu çalışmada gölün N ve P miktarlarındaki değişim tayin edilmiştir [4]. DSI' nin 1982 yılına ait analiz sonuçları kıyaslama için kullanılmıştır.

Gölü besleyen ve gölden çıkan akarsulardan, 12 noktadan örnekler alınmış ve NO₃-N, NO₂-N, NH₃-N ve o-PO₄ parametreleri analiz edilmiştir. Bu değerlerden ötrofikasyona neden olan N ve P girdileri hesaplanarak, göldeki trofik durum belirlenmiştir. Sonuçta, Sapanca gölünün ötrofik duruma geçmemesi için alınması gereken önlemlerden bahsedilmiştir.

4.1.3. Sapanca Gölünün Su Kirliliği ve Besin Durumu Üzerine Bir Araştırma

TÜBİTAK. MBEAE Beslenme ve Gıda Teknolojisi Bölümünce gerçekleştirilen bu çalışmada Sapanca gölünün, çevre kirlenmesi ve besin durumu üzerinde inceleme yapılmıştır [21]. Nisan - Ekim 1983 ayları süresince yapılan araştırmalardan, klorofil-a, sıcaklık, fosfat miktarı, pH değişimleri, çözülmüş oksijen değerleri, yağ ve gres ile ağır metal kirlenmesi hakkında bulgular değerlendirilmiştir.

0.5, 10, 20 ve 30 metre derinliklerden alınan örneklerden klorofil-a değerinin 0.71 - 2.36

mg/m³ arasında değiştiği, sonbahar döneminde ise 0.41 - 3.50 mg/m³ arasındaki değerlerden alg patlamasının en yüksek düzeye eriştiği gözlenmiştir. Klorofil-a değerlerinden, gölün az besinli karakterde olduğu vurgulanmıştır.

Gl suyu sıcaklık değerleri derinliklere göre 6.5 - 23.4 °C arasında değişmekte ve mevsimsel olarak iyi bir dağılım göstermektedir. Fosfat miktarı 0.5 - 0.74 mg/l arasında, pH değeri 6.5 - 8.9 arasında ve oldukça homojen durumdadır. Canlı yaşamın göstergesi olan çözünmüş oksijen değerleri yıllık olarak 3.5 - 15.2 mg/l arasındadır ve oldukça homojen bir dağılım göstermektedir. Yağ ve gres ile ağır metal sonuçlarından gölde yoğun bir endüstriyel kirlenme olmadığı, ancak koliform bakterilerinin varlığından mikrobiyolojik bir kirlenmeye işaret edilmektedir.

5. MATERYAL VE METOD

5.1. Örnekleme Noktaları, Örneklerin Alınması ve Korunması

Göl araştırmalarında, örnekleme istasyonlarında çeşitli noktalardan ve derinliklerden örnekler alma gereği, alınacak ve analiz edilecek örnek sayısını çok arttırdığından ayrıca insan gücü, laboratuvar, araç, gereç ve parasal konular örnekleme noktasının seçimini etkileyen faktörlerdir. Bütün bu faktörler dikkate alınarak Sapanca Gölünde gölü temsil edebilecek iki noktadan (A ve B) ve çeşitli derinliklerden (0.5, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 ve 45 m) örnekleme noktaları seçilmiştir.

Su örnekleri, Şekil 1' de görülen A ve B istasyonlarından 0.5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 ve 45 metrelerden yatay su örnekleyicilerle TÜBİTAK.MarmaraAraştırma Merkezi Çevre Mühendisliği Araştırma Bölümüne ait Zodiac bot yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

Sıcaklık, çözünmüş oksijen ve seki disk görünürlülüğü örnekleme istasyonlarında yerinde, diğer örneklerde uygun koşullarda koruma ve taşınmayla, Çevre Mühendisliği Araştırma Bölümü laboratuvarlarında gerekli ölçüm ve analizleri yapılmıştır.

5.2. Örneklerin Analizi ve Ölçüm Yöntemleri

5.2.1. Fiziksel Parametreler

Sıcaklık

Sıcaklık ölçümü yerinde ve çeşitli derinliklerden yatay örnekleyicilere takılan YSI Model oksijenmetrenin sıcaklık sensör' ü ile yerinde gerçekleştirilmiş olup hassasiyet derecesi $\pm 0.2^{\circ} \text{C}$ 'dir.

Işık Geçirgenliği

Örnekleme noktasında seki disk ile ölçümü yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bilindiği gibi seki disk görünürlüğü, seki diskin kaç metre derinlikte görünmez olduğu veya kaç metre derinlikte görünmeye başladığıdır. Bu işlem metalden yapılmış 30 cm çapında bir kısmı beyaz diğer kısmı siyah renkten oluşan disk şeklindeki aletin, belli aralıklarla uzunluğu bilinen bağlı bir ip yardımıyla ve su yüzeyine dik olarak ölçümü gerçekleştirilmiştir.

4.2.2. Kimyasal Parametreler

pH

Yatay örnekleyicilerle alınan numuneler 300 ml'lik polietilen kaplarda ve uygun koşullarda laboratuvara getirilip Metrohm Model pH metre ile ölçümü yapılmış ve gerekli sıcaklık düzeltmeleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır [22]:

$$\text{pH}_{t_2} = \text{pH}_{t_1} + 0.0114 (t_1 - t_2)$$

burada;

t_1 = ölçüm anındaki numenin sıcaklığı

t_2 = numenin alındığı suyun sıcaklığı

Çözünmüş oksijen

YSI Model DO metre kullanılarak yerinde gerçekleştirilmiş olup, hassasiyet derecesi 0.05 mg/l' dir.

Toplam Organik Karbon

100 ml' lik polietilen kaplara alınan numuneler asitlenerek analiz anına kadar buzdolabında bekletildi. Numunenin pH sı 3 ün altına indirilerek azot gazı verildi ve organik karbon ölçüm cihazına enjekte edilen numune 680° C ye kadar ısıtılıp, aşağıdaki reaksiyonda olduğu gibi platin katalizörü içeren kolonda oksitlenip karbondioksit ve suya dönüştü.

İnorganik Karbon

100 ml'lik polietilen kaplara alınan numuneler IR dedektörlü toplam karbon (TC) ölçüm cihazı kullanılarak yapıldı. Burada TC cihazının inorganik karbonu ayırıcı kolonundan geçen örnek asitlenerek 150 ° C ye kadar ısıtılır, sudaki karbonatlar sadece inorganik CO₂' ye çevrilerek Shimadzu TOC-500 Model TOK analiz cihazı yardımıyla ölçümü yapılmıştır.

Besin Elementleri

Besin elementlerinin analizi "Technicon Autoanalyzer II" sistemi kullanılarak yapılmıştır [23]. Analiz süresine kadar silikat numuneleri buzdolabında, fosfat ve nitrat numuneleri derin dondurucuda bekletilmiştir.

Silikat

Yöntem

Silikatlara molibdat solusyonu eklenerek silikomolibdik asite dönüştürülürler, oluşan bu kompleks daha sonra askorbik asit ile molibdenyum maviye indirgenir.

Analizde kullanılan reaktifler

1. Amonyum Molibdat Reaktifi

Amonyum molibdat	10 g
0.1 N Sülfürik asit	1000 ml

Hazırlanışı: 10 g amonyum molibdat yaklaşık 800 ml. 0.1 N sülfürik asit ile 1000 ml' ye tamamlanır.

2. Oksalik Asit Reaktifi

Oksalik asit	50 g
Distile su	1000 ml

Hazırlanışı: 50 g oksalik asit distile su içinde çözülür ve 1000 ml'ye tamamlanır.

3. Askorbik asit Reaktifi

L- Askorbik asit	18 g
Aseton	50 ml
Distile su	1000 ml
Aerosol- 22	2 ml

Hazırlanışı: 18 g L- Askorbik asit 50 ml aseton içeren 500 ml suda çözülür ve 1000 ml'

ye tamamlanır, 2 ml aerosol- 22 eklenir.

Fosfat

Yöntem

Ortofosfat analizi fosfomolibdenyum mavi kompleksinin oluşumuna dayanır. Askorbik asit içeren asidik amonyum molibdat solusyonu tek reaktif halinde kullanılır.

Analizde Kullanılan Reaktifler

1. Seyreltme suyu

Distile su	1000 ml
Aerosol- 22	2 ml

Hazırlanışı: Her bir litre su için 2 ml aerosol- 22 eklenerek karıştırılır.

2. Amonyum Molibdat Stok Çözeltisi

Amonyum molibdat	40 g
Distile su	1000 ml

Hazırlanışı: 40 g amonyum molibdat yaklaşık 800 ml distile su içinde çözülür ve 1000 ml'ye tamamlanır.

3. % 16 (v/v)'lık Sülfürik Asit Stok Çözeltisi

Sülfürik asit	160 ml
Distile su	1000 ml

Hazırlanışı: 160 ml konsantre sülfürik asit yaklaşık 800 ml distile suya eklenir. Çözelti soğuduktan sonra 1000 ml' ye tamalanır.

4. Askorbik Asit Stok Çözeltisi

L- Askorbik asit	30 g
Distile su	1000 ml

Hazırlanışı: 30 g L- askorbik asit yaklaşık 800 ml distile suda çözülür ve 1000 ml' ye tamamlanır.

5. Antimon Potasyum Tartarat Stok Çözeltisi

Antimon potasyum tartarat	3 g
Distile su	1000 ml

Hazırlanışı: 3 g antimon potasyum tartarat yaklaşık 800 ml distile su içinde çözülür ve 1000 ml' ye tamamlanır.

6. Birleşik Çalışma Reaktifi

% 16 (v/v)' lık sülfürik asit çözeltisi	125 ml
Amonyum molibdat stok çözelti	37.5 ml
Askorbik asit stok çözelti	75 ml
Antimon potasyum tartarat	12.5 ml

Hazırlanışı: Stok çözeltiler listedeki sıraya göre eklenerek karıştırılır (dayanıklılık en az sekiz saat).

Nitrat

Yöntem

Nitrat iyonları bakır - kadmiyum kolonundan geçirilerek nitrit iyonlarına indirgenir. Oluşan nitrit iyonlarında asidik şartlarda sülfanilamid ile reaksiyona girerek bir diazo bileşiği oluştururlar. Bu bileşik N-1 Naftiletilen diamin dihidroklorür ile birleşerek pembe bir azo boyasına dönüşür.

Analizde Kullanılan Reaktifler

1. Amonyum Klorür Reaktifi

Amonyum klorür	10 g
Alkali distile su	1000 ml
Brij- 35	0.5 ml

Hazırlanışı: 10 g amonyum klorür alkali su içinde çözülür ve 1000 ml' ye tamamlanır.

Not: Alkali su, distile suya pH 8.5 olacak şekilde amonyum hidroksit eklenerek yapılır.

2. Renk Reaktifi

Sülfanilamid	20 g
Fosforik asit	200 ml
N-1 Naftiletilendiamindihidroklorid	1 g
Distile su	2000 ml
Brij- 35	1 ml

Hazırlanışı : 200 ml konsantre fosforik asit ve 20 g sülfanilamid yaklaşık 1500 ml distile suya eklenerek tamamen çözülür (gerekirse ısıtılır). Bu çözeltiye 1 g naftil etilendiamin dihidroklorid eklenir, çözülür ve 2000 ml' ye tamamlanır. 1 ml brij- 35 eklendikten sonra

soğuk ve karanlık bir yerde saklanır (dayanıklılık bir ay).

3. Granül Kadmiyum

% 99 saflığındaki kadmiyum granülleri üzerlerindeki yağ ve tozları uzaklaştırmak amacıyla bir kaç kere saf dietil eter veya 1 N HCL ile çalkalanır. Metal havada kurumaya bırakılır ve sıkı kapalı bir şişede saklanır.

İndirgeme Kolonunun Hazırlanışı

İndirgeme kolonu 35.56 cm uzunluğunda ve ~ 0.2 cm iç çapı olan standart bir cam tüptür. Kolonu doldurmadan önce granül boyutları kontrol edilir ve çok büyük olanları ayrılır. Doldurulacak granüller dietil eter veya aseton, daha sonrada 1 N HCL ile yıkanır (bu basamakta granüllerin renkleri gümüşü olmalıdır). Daha sonra 50 - 100 ml % 2'lik $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ kullanılarak çözeltinin mavi rengi kalmayınca ve kolloidal bakır parçacıkları sıvıya geçmeye başlayınca kadar yıkanır. Son olarak suyla yıkanan granüller kolona doldurulmak üzere hazırlanır.

İndirgeme kolonunun ömrünün uzaması için litresinde 1.2 ml H_2SO_4 bulunan hafif asidik su ile doldurulur ve amonyum klorür ile tamponlanır. Doldurma sırasında indirgeme kolonuna hava kabarcıklarının kaçmasını engellemek amacıyla su doldurulur. Granüller kolona Pasteur pipet yardımıyla aktarılır. Tamamen dolan kolonun her iki ucu cam pamuğu ile kapatılarak sisteme yerleştirilir. İndirgeme yeteneğini kaybeden kadmiyumu aktive etmek için işlemler tekrarlanır.

" Technicon Autoanalyzer II" sistemi kolorimetrik yöntemlere dayanır.

5.2.3. Biyolojik Parametreler

Biyolojik parametre olarak klorofil-a ölçümleri yapılmıştır. 1-2 litre numune $0.45 \mu\text{m}$

GF/C filitre kağıdından alçak baskıda süzüldü. Filtre kağıdı üzerinde toplanan süzüntü analiz gününe kadar plastik petri kutusunda derin dondurucuda karanlıkta saklandı. Analiz sırasında filitre kağıtları % 90' lık 2 ml aseton ile ekstre edilerek 15 ml' lik dereceli kapalı santrifüj tüplerine konuldu ve % 90' lık aseton ile 5 ml' ye tamamlandı. 5-10 dakika 5000 rpm' de santrifüje edildi. Üstteki sıvı kısmın 750, 663, 645 ve 630 nm dalga boylarında " VARIAN-DMS 90 UV/VIS" spektrometre ile absorbans değerleri okundu. Okunan değerler aşağıdaki formülde kullanılarak örneklerdeki klorofil-a konsantrasyonları hesaplandı [22]:

$$\text{Klorofil-a (mg/m}^3\text{)} = (11.64 A_{663} - 2.16 A_{645} + 0.01 A_{630}) \frac{V_1 \text{ (ekstrakt)}}{V_2 \text{ (örnek)}}$$

burada;

A_x = x dalga boyundaki absorbans değerleri

V_1 = ekstrakte edilen örnek hacmi

V_2 = süzülen örneğin hacmi

6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Sapanca gölünde 1991 ve 1992 yıllarına ait mevsimsel ölçüm ve analiz sonuçları Tablo 3' te verilmiştir. Bu sonuçların zamana ve derinliğe bağlı değişimleri de şekil 4 - 12 ' de görülmektedir. Birincil üretim ve bunların mevsimlere ve derinliğe göre dağılımları da Şekil 13 ' de görülmektedir.

İstasyon A

Tarih: 12/9/1991

Toplam Derinlik: 47 m

Seki Disk: 6.75 m

Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	İletkenlik (µS/cm)	pH	Ç.O (mg/l)	Klorofil-a (µg/l)	NO ₃ + NO ₂ (µg/l)	O-PO ₄ (µg/l)	T-Azot (µg/l)	Silikat (µg/l)	T.O.K (mg/l)	İnorgan. K. (mg/l)	T-Fosfat (µg/l)
0.5	21.0	245.0	8.60	10.1	0.70	<2.5	<2.5	352.7	683.2	2.23	110.0	4.22
2	21.0	-	-	9.9	-	-	-	-	-	-	-	-
5	21.0	-	-	9.4	0.71	<2.5	<2.5	-	696.6	2.27	-	-
7	21.0	-	-	9.3	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	19.5	245.0	8.62	10.2	-	<2.5	<2.5	347.2	594.1	2.32	123.9	4.70
12	15.0	-	-	10.8	-	-	-	-	-	-	-	-
15	12.3	-	-	10.8	-	<2.5	<2.5	-	1052.4	2.33	-	-
17	11.2	-	-	10.3	-	-	-	-	-	-	-	-
20	10.0	273.0	8.07	7.3	-	<2.5	<2.5	338.1	1373.2	2.27	143.8	7.51
25	9.0	-	-	7.2	-	111.3	<2.5	-	1394.0	1.98	-	-
30	8.0	279.0	7.74	6.1	-	132.9	<2.5	360.3	1601.5	1.88	152.4	5.00
35	8.0	-	-	6.1	-	147.2	<2.5	-	1673.2	2.06	-	-
40	8.0	280.0	7.74	5.9	-	158.1	<2.5	409.7	1974.8	2.07	149.7	4.06
45	7.8	-	-	4.2	-	165.2	<2.5	-	2107.3	2.25	-	-

Tablo.3 Sapanca Gölünde ölçülen fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler.

İstasyon B

Tarih: 12/9/1991

Toplam Derinlik: 40 m

Seki Disk: 6.55 m

Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	İletkenlik (µS/cm)	pH	ÇOD (mg/l)	Klorofil-a (µg/l)	NO ₃ + NO ₂ (µg/l)	O-PO ₄ (µg/l)	T-Azot (µg/l)	Silikat (µg/l)	T.O.K (mg/l)	İnorgan. K (mg/l)	T-Fosfat (µg/l)
0.5	21.0	246.0	8.55	9.3	0.42	<2.5	<2.5	245.7	718.3	2.25	124.3	4.38
2	21.0	-	-	8.1	-	-	-	-	-	-	-	-
5	21.0	-	-	7.7	0.77	<2.5	<2.5	-	849.1	2.43	-	-
7	21.0	-	-	7.5	-	-	-	-	-	-	-	-
9	20.8	-	-	7.6	-	-	-	-	-	-	-	-
10	19.0	246.0	8.50	8.1	-	<2.5	<2.5	310.3	616.6	2.43	108.9	5.60
12	14.0	-	-	8.1	-	-	-	-	-	-	-	-
15	12.0	-	-	8.1	-	<2.5	<2.5	-	1202.4	2.78	-	-
17	11.5	-	-	7.9	-	-	-	-	-	-	-	-
20	10.0	277.0	7.81	5.7	-	<2.5	<2.5	229.6	1453.2	2.01	144.5	6.10
25	9.0	-	-	5.3	-	91.4	<2.5	-	1504.9	1.96	-	-
30	8.5	287.0	7.66	5.4	-	123.7	<2.5	320.4	1681.5	1.92	156.1	4.35
35	8.0	-	-	5.5	-	135.6	<2.5	-	1677.3	2.05	-	-
40	8.0	281.0	7.71	-	-	145.7	<2.5	432.9	-	2.29	152.3	7.17
45	7.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablo.3' ün devamı.

İstasyon A

Tarih: 21/1/1992

Toplam Derinlik: 48 m

Seki Disk: 4.80 m

Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	İletkenlik (µS/cm)	pH	Ç.O (mg/l)	Klorofil-a (µg/l)	NO ₃ + NO ₂ (µg/l)	O-PO ₄ (µg/l)	T-Azot (µg/l)	Silikat (µg/l)	T.O.K (mg/l)	İnorgan. K. (mg/l)	T-Fosfat (µg/l)
0.5	7.0	266.5	8.16	12.3	2.85	46.80	<2.5	269.6	1698.0	2.15	-	1.85
2	7.0	-	-	12.0	-	-	-	-	-	-	-	-
5	7.0	-	-	11.9	2.60	51.10	<2.5	-	1758.0	2.23	-	-
7	7.0	-	-	11.9	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	7.0	268.0	8.06	11.9	-	53.90	<2.5	278.9	1743.0	2.07	-	1.57
12	7.0	-	-	11.9	-	-	-	-	-	-	-	-
15	7.0	-	-	11.9	-	56.70	<2.5	-	1763.0	2.20	-	-
17	7.0	-	-	11.9	-	-	-	-	-	-	-	-
20	7.0	270.0	8.07	11.9	-	57.80	<2.5	237.1	1721.0	1.94	-	7.73
25	7.0	-	-	11.9	-	59.00	<2.5	-	1727.0	2.01	-	-
30	7.0	280.0	8.08	11.9	-	60.20	<2.5	202.7	1754.0	2.10	-	4.37
35	7.0	-	-	11.9	-	61.30	<2.5	-	1744.0	2.12	-	-
40	7.0	289.0	8.09	11.9	-	60.20	<2.5	255.6	1801.0	2.10	-	3.53
45	7.0	-	-	11.9	-	62.00	<2.5	-	1771.0	2.24	-	-

Tablo.3' ün devamı.

İstasyon B

Tarih: 21/1/1992

Toplam Derinlik: 43 m

Seki Disk: 4.30 m

Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	İletkenlik (µS/cm)	pH	DO (mg/l)	Klorofil-a (µg/l)	NO ₃ + NO ₂ (µg/l)	O-PO ₄ (µg/l)	T-Azot (µg/l)	Silikat (µg/l)	T.O.K (mg/l)	İnorgan. K. (mg/l)	T-Fosfat (µg/l)
0.5	7.0	265.0	8.06	12.7	3.10	47.3	<2.5	277.9	1710.0	2.16	-	1.85
2	7.0	-	-	12.7	-	-	-	-	-	-	-	-
5	7.0	-	-	12.7	3.30	53.0	<2.5	-	1738.0	1.92	-	-
7	7.0	-	-	12.7	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	7.0	273.0	8.10	12.7	-	58.9	<2.5	244.5	1709.0	2.19	-	2.41
12	7.0	-	-	12.2	-	-	-	-	-	-	-	-
15	7.0	-	-	12.2	-	57.2	<2.5	-	1768.0	1.97	-	-
17	7.0	-	-	12.5	-	-	-	-	-	-	-	-
20	7.0	287.0	8.22	12.6	-	60.3	<2.5	371.8	1775.0	2.01	-	1.46
25	7.0	-	-	12.7	-	60.9	<2.5	-	1784.0	2.13	-	-
30	7.0	278.0	8.06	12.7	-	60.6	<2.5	330.0	1697.0	2.00	-	4.09
35	7.0	-	-	12.7	-	62.2	<2.5	-	1715.0	2.24	-	-
40	7.0	278.0	8.08	12.7	-	63.2	<2.5	297.5	1741.0	2.17	-	3.53

Tablo.3' ün devamı.

İstasyon A

Tarih: 30/3/1992

Toplam Derinlik: 48 m

Seki Disk: 2.80 m

Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Yerkenlik (µS/cm)	pH	Ç.O (mg/l)	Klorofil-a (µg/l)	NO ₃ + NO ₂ (µg/l)	O-PO ₄ (µg/l)	T-Azot (µg/l)	Silikat (µg/l)	T.O.K (mg/l)	Inorgan. K (mg/l)	T-Fosfat (µg/l)
0.5	7.3	265.0	8.23	12.2	2.92	57.7	<2.5	282.0	1425.0	2.31	-	3.1
2	7.3	-	-	11.9	-	-	-	-	-	-	-	-
5	7.2	-	-	11.9	2.90	58.0	<2.5	-	1412.0	2.51	-	-
7	7.0	-	-	11.9	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	6.9	266.0	8.22	11.9	-	57.0	<2.5	249.0	1412.0	2.27	-	3.1
12	6.5	-	-	11.9	-	-	-	-	-	-	-	-
15	6.2	-	-	11.9	-	51.7	<2.5	-	1462.0	2.23	-	-
17	5.8	-	-	11.9	-	-	-	-	-	-	-	-
20	5.6	267.0	8.15	11.9	-	55.0	<2.5	232.0	1437.0	2.21	-	3.1
25	5.6	-	-	11.8	-	53.0	<2.5	-	1450.0	2.12	-	-
30	5.5	269.0	8.14	11.8	-	57.0	<2.5	290.0	1450.0	2.24	-	3.1
35	5.5	-	-	11.8	-	58.0	<2.5	-	1450.0	2.20	-	-
40	5.5	266.0	8.20	11.7	-	61.0	<2.5	307.0	1737.0	2.30	-	4.3
45	5.5	-	-	11.4	-	63.0	<2.5	-	1437.0	2.42	-	-

Tablo.3' ün devamı.

İstasyon B

Tarih: 30/3/1992

Toplam Derinlik: 46 m

Seki Disk: 3.30 m

Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	İletkenlik (µS/cm)	pH	O ₂ (mg/l)	Klorofil-a (µg/l)	NO ₃ + NO ₂ (µg/l)	O-PO ₄ (µg/l)	T-Azot (µg/l)	Silikat (µg/l)	T.O.K (mg/l)	İnorgan. K (mg/l)	T-Fosfat (µg/l)
0.5	7.0	266.0	8.19	11.9	2.20	52.25	<2.5	-	1425	2.23	-	-
2	6.8	-	-	11.9	-	-	-	-	-	-	-	-
5	6.6	-	-	11.9	2.84	52.75	<2.5	-	1412	2.22	-	-
7	6.3	-	-	11.9	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	6.0	268.0	8.17	11.9	-	63.5	<2.5	-	1425	2.46	-	-
12	5.8	-	-	11.9	-	-	-	-	-	-	-	-
15	5.6	-	-	11.9	-	62.5	<2.5	-	1462	2.30	-	-
17	5.6	-	-	11.8	-	-	-	-	-	-	-	-
20	5.6	270.0	8.16	11.7	-	64.75	<2.5	-	1462	2.17	-	-
25	5.5	-	-	11.7	-	63	<2.5	-	1450	2.13	-	-
30	5.5	269.0	8.07	11.3	-	70	<2.5	-	1450	2.11	-	-
35	5.4	-	-	11.2	-	66.25	<2.5	-	1425	2.56	-	-
40	-	270.0	8.13	-	-	79.25	<2.5	-	1487	2.14	-	-
45	-	-	-	-	-	79.25	-	-	1500	2.50	-	-

Tablo. 3 ' ün devamı.

İstasyon A

Tarih: 30/6/1992

Toplam Derinlik: 47 m

Seki Disk: 2.20 m

Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	İletkenlik (µS/cm)	pH	Ç.O (mg/l)	Klorofil-a (µg/l)	NO ₃ + NO ₂ (µg/l)	O-PO ₄ (µg/l)	T-Azot (µg/l)	Silikat (µg/l)	T.O.K (mg/l)	İnorgan. K. (mg/l)	T-Fosfat (µg/l)
0.5	22.0	250.9	8.39	8.8	1.91	25.9	5.83	558.31	600	2.41	-	-
2	22.0	-	-	8.6	-	-	-	-	-	-	-	-
5	22.0	-	-	8.9	2.24	20.1	3.86	-	631	2.48	-	-
7	14.0	-	-	9.2	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	14.0	261.2	8.46	12.0	-	23.9	<2.5	453.18	878	2.26	-	-
12	12.5	-	-	12.0	-	-	<2.5	-	-	-	-	-
15	9.8	-	-	12.4	-	18.3	<2.5	-	1054	2.23	-	-
17	7.3	-	-	12.4	-	-	<2.5	-	-	-	-	-
20	7.2	270.7	7.99	11.0	-	12.5	<2.5	1142.10	1339	2.50	-	-
25	6.5	-	-	10.5	-	51.7	<2.5	-	1481	1.98	-	-
30	6.5	274.4	7.71	10.5	-	76.1	3.66	1010.0	1588	2.08	-	-
35	6.5	-	-	9.4	-	95.5	-	-	1522	2.00	-	-
40	6.4	278.0	7.74	8.6	-	96.3	-	735.9	1883	2.00	-	-
45	6.2	-	-	7.8	-	80.7	6.0	-	1841	2.61	-	-

Tablo.3 ' ün devamı.

İstasyon B

Tarih: 30/6/1992

Toplam Derinlik: 45 m

Seki Disk: 2.90 m

Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	İletkenlik (µS/cm)	pH	Ç.O (mg/l)	Klorofil-a (µg/l)	NO ₃ + NO ₂ (µg/l)	O-PO ₄ (µg/l)	T-Azot (ug/l)	Silikat (µg/l)	T.O.K (mg/l)	İnorgan. K. (mg/l)	T-Fosfat (µg/l)
0.5	22.3	249.0	8.42	8.8	1.65	18.9	2.76	774.1	600.0	2.22	-	-
2	22.0	-	-	9.0	-	-	-	-	-	-	-	-
5	21.8	-	-	9.2	-	20.4	3.16	-	625.0	2.38	-	-
7	18.4	-	-	10.8	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	14.8	256.3	8.43	11.7	-	25.5	3.33	304.5	840.1	2.29	-	-
12	12.3	-	-	11.9	-	-	-	-	-	-	-	-
15	10.2	-	-	12.2	-	8.8	2.64	-	1086.3	2.09	-	-
17	9.5	-	-	12.2	-	-	-	-	-	-	-	-
20	8.2	270.6	7.98	11.7	-	21.3	2.87	605.4	1338.9	2.41	-	-
25	7.2	-	-	10.6	-	24.4	<2.5	-	1481.1	2.23	-	-
30	6.8	272.8	7.85	10.0	-	86.1	<2.5	572.8	1522.1	1.91	-	-
35	6.2	-	-	9.6	-	87.4	<2.55	-	1531.6	2.22	-	-
40	6.1	274.6	7.61	8.3	-	83.3	<2.5	815.7	1711.6	1.92	-	-
45	6.0	-	-	8.0	-	80.7	-	-	-	-	-	-

Tablo.3' ün devamı.

İstasyon A

Tarih: 8/9/1992

Toplam Derinlik: 50 m

Seki Disk: 7.50 m

Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	İletkenlik (µS/cm)	pH	Ç.O (mg/l)	Klorofil-a (µg/l)	NO ₃ ± NO ₂ (µg/l)	O-PO ₄ (µg/l)	T-Azot (ug/l)	Silikat (µg/l)	T.O.K (mg/l)	İnorgan. K. (mg/l)	T-Fosfat (µg/l)
0.5	23.5	238.9	8.38	8.0	0.69	14.2	9.5	960.2	620	2.37	-	7.69
2	23.0	-	-	8.0	-	-	-	-	-	-	-	-
5	22.8	-	-	7.8	0.83	10.5	6.75	-	615	2.35	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	17.0	242.3	8.44	11.4	-	12.4	5.5	900.8	615	2.38	-	9.20
12	12.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	9.7	-	-	12.0	-	16.2	3.95	-	820	2.22	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	7.0	267.9	8.30	9.2	-	16.9	-	1093.5	1150	2.14	-	13.80
25	6.2	-	-	7.2	-	75.0	3.1	-	1495	1.93	-	-
30	6.0	276.1	7.68	6.1	-	108.0	<2.5	1131.4	1265	2.51	-	9.20
35	6.0	-	-	5.5	-	-	-	-	-	-	-	-
40	6.0	277.7	7.57	4.9	-	160.0	<2.5	1062.9	1602	1.88	-	9.23
45	6.0	-	-	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablo.3' ün devamı.

İstasyon B

Tarih: 8/9/1992

Toplam Derinlik: 48 m

Seki Disk: 7.20 m

Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	İletkenlik (µS/cm)	pH	Ç.O (mg/l)	Klorofil-a (µg/l)	NO ₃ + NO ₂ (µg/l)	O-PO ₄ (µg/l)	T-Azot (µg/l)	Silikat (µg/l)	T.O.K (mg/l)	İnorgan. K. (mg/l)	T-Fosfat (µg/l)
0.5	23.5	240.7	8.44	8.1	0.66	14.2	10	954.8	632	2.29	-	11.50
2	22.8	-	-	8.1	-	-	-	-	-	-	-	-
5	22.5	-	-	8.1	0.93	10.5	6.0	-	632	2.45	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	17.8	252.4	8.20	11	-	12.4	4.6	676.1	782	2.20	-	17.60
12	12.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	9.6	-	-	10.9	-	16.2	-	-	1165	2.24	-	-
17	8.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	7.2	270.7	8.24	6.8	-	16.9	3.0	1059.3	1200	2.11	-	10.10
25	6.5	-	-	5.4	-	75.0	<2.5	-	1247	1.91	-	-
30	6.3	276.4	7.71	5.2	-	108.0	<2.5	651.1	1400	2.09	-	13.00
35	6.2	-	-	2.9	-	-	3.5	-	1265	1.91	-	-
40	6.2	278.2	7.56	-	-	160.0	3.5	1116.9	1500	2.35	-	7.70
45	-	-	-	-	-	-	3.5	-	1800	-	-	-

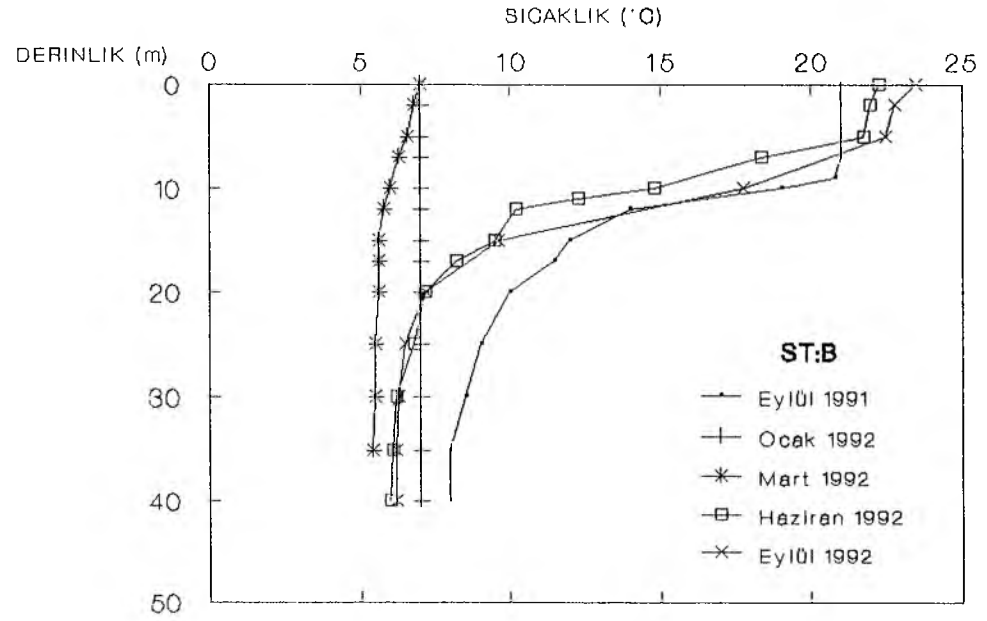
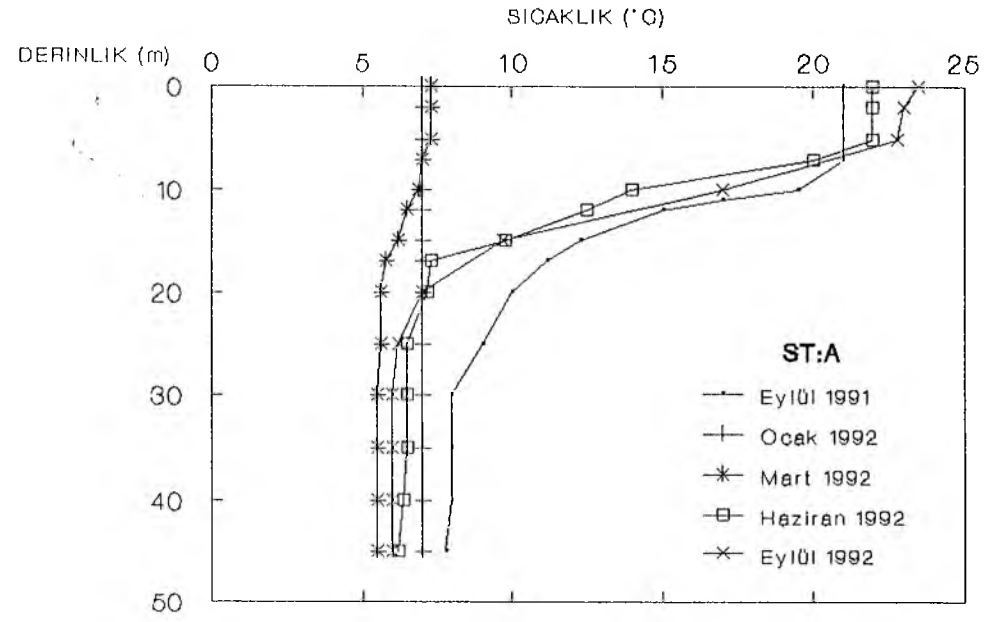
Tablo.3' ün devamı.

6.1. Sıcaklık

Sapanca gölünde her iki istasyonda (A,B) mevsimsel ölçümlerden elde edilen değerlerden sıcaklığın zamana ve derinliğe bağlı olarak değiştiği gözlenir (Şekil 4). Gölde, yüzeyde en yüksek sıcaklık Haziran ayında 22.3 °C, en düşük sıcaklık Ocak ayında 7.0 °C olarak tesbit edildi. Ocak ayında yapılan ölçümler sonucunda göl suyunun yüzeyden dibe kadar homojen olarak karışıp termik bir dengeye ulaştığı saptanmıştır.

Bilindiği gibi su kütleleri atmosferik koşullardan etkilenirler. Göl suyu, rüzgar etkisiyle yüzeyden tabana kadar homojen bir karışım göstermektedir. Bu karışımla sudaki tabakalaşma ortadan kalkmakta ve yüzeyden dibe kadar bir dengeye ulaşmaktadır. Şekil 4 da görüldüğü gibi her iki istasyonda da yüzeyden dibe kadar sıcaklık aynıdır. Bu durum atmosferik koşullara bağlı olarak meydana gelir. Kış mevsiminde atmosferdeki düşük sıcaklıktaki hava tabakasının göl suyuna temasıyla göl-atmosfer arasında ısı alışverişi meydana gelmektedir. Soğuyarak ağırlaşan yüzey suları daha aşağılara doğru inmekte, dipteki sularla yer değiştirmektedir. Yüzeyden dibe kadar oldukça homojen bir karışım Ocak ayında her iki istasyonda da saptanmıştır. Su sütunun tüm derinliklerinde sıcaklık değeri 7 °C olarak saptanmıştır. Bilindiği gibi dipten yüzeye ve yüzeyden dibe doğru olan karışımlar alıcı sularda canlılar açısından hayati öneme sahiptir (termal tabakalaşma meydana getirerek besi devrine dolaylı olarak etki eder [13]).

Sonbahar mevsimini temsilen Eylül ayında (1991-1992) yapılan ölçümlerde sıcaklığın yüzeyden 10 metreye kadar homojen dağıldığı bir üst tabaka, 10 - 20 metreler arasında geçiş tabakası ve 20 metreden sonra sıcaklığın hızla azaldığı üçüncü bir tabaka belirgindir ve bu tabaka yaklaşık 7°C civarında dengeye ulaşır. Sonbahar mevsiminde Sapanca Gölünde termoklin tabakası 10-20 metreler arasındadır. Mart ayı sıcaklık verilerinden kışın gözlenen eşit sıcaklık dağılımının yavaş yavaş değişmeye başladığı gözlenir. Bu mevsimde sıcaklık dipten 10 metreye kadar hemen hemen dengede, bu metreden sonra yavaş yavaş yükselme eğilimindedir. Gölde ilkbahar sirkülasyonu bu ayda başlamıştır.



Şekil 4. Sıcaklığın Sapanca gölünde dikey dağılımı.

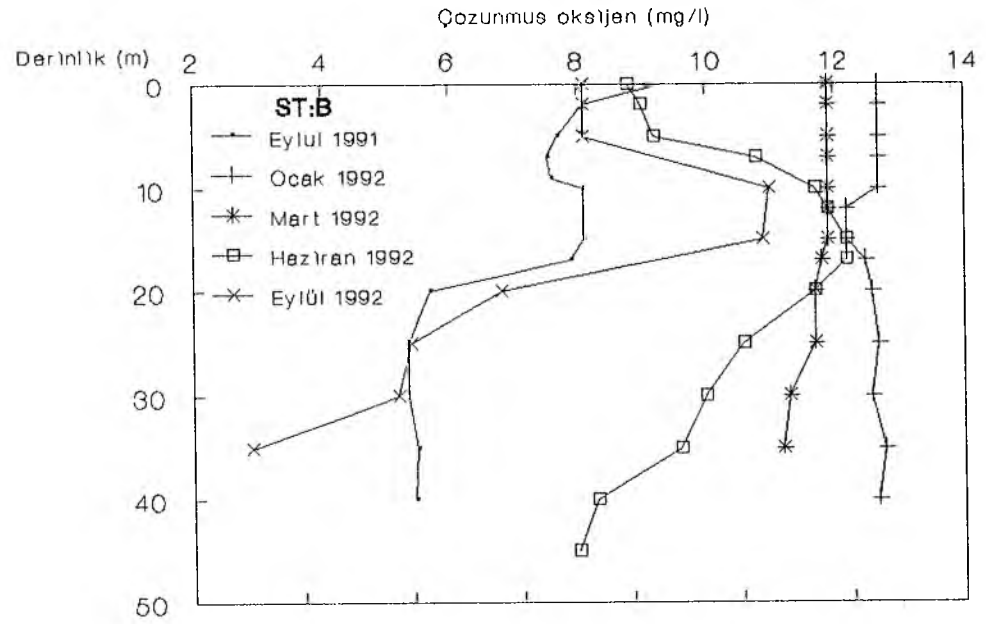
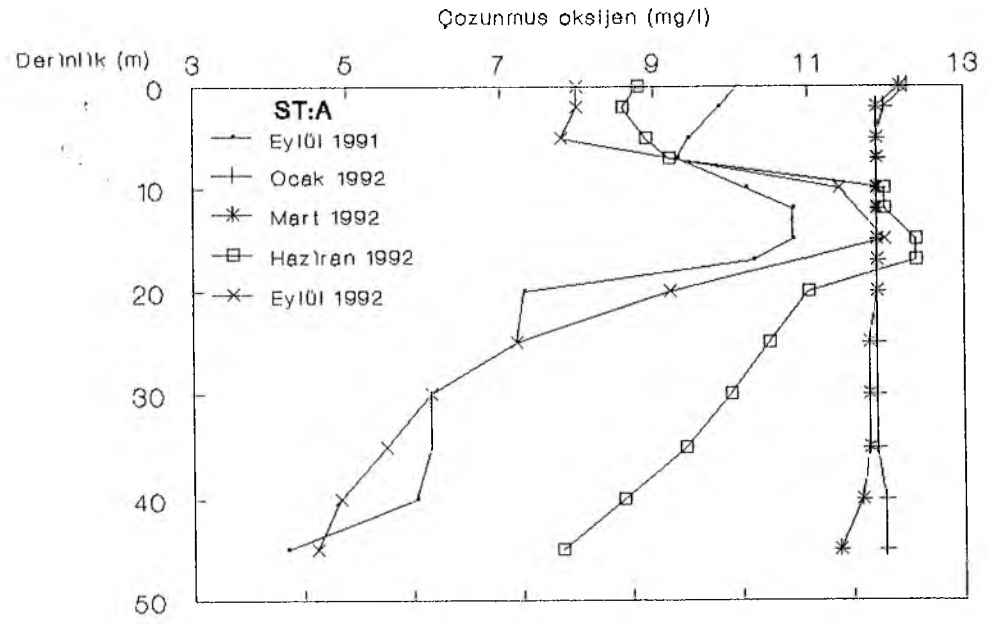
Sapanca gölünde yaz mevsiminde yüzeyden dibe kadar üç farklı sıcaklık tabakası gözlenir. Yüzeyle 10 metre arasında yüksek sıcaklıktaki epilimnion tabakası, 10 metre ile 20 metre arasında geçiş tabakası (termoklin) 20 metreden dibe kadar hipolimnion tabakasıdır. 10 metreden itibaren sıcaklık düşmeye başlar ve 20 metreden sonra 30 metreye kadar daha yavaş bir düşüş görülür ve bu metrelerden sonra termik bir dengeye ulaşır. Bu mevsimde güneş ışınları etkisiyle yüzey tabakası sıcaktır. Yaz termoklini 10 metre ile 20 metreler arasındadır. Dipsular diğer mevsimlerde olduğu gibi serindir ve yaklaşık 6°C civarındadır.

Sapanca gölü sıcaklık profili olarak mevsimlere ve derinliğe bağlı olmak koşuluyla değişim gösterir. Yaz ve kış tabakalaşması belirgindir ve sıcaklık değerleriyle, ılıman iklim kuşağında yer alan göllerin belirgin özelliğini gösterir.

6.2. Çözünmüş Oksijen

Çözünmüş oksijen değerleri Eylül (1991-92) ayında yüzeyde yaklaşık 8-10 mg/l arasındadır. Yüzeyden 10 metreye kadar düşüş göstererek 7.5-8.5 mg/l değerlerinde kalır. 10 metreden sonra çözünmüş oksijen değerlerinde sıçrama görülür ve bu sıçrama 20 metreye kadar sürer. 20 metreden sonra ani düşüşlerle dipte 2.5 mg/l civarına iner.

10 ile 20 metre arasında artışın nedeni, bu metreler arasında fotosentez faaliyetlerinin fazla olmasından kaynaklanır. Termoklin tabakasında fotosentez faaliyetleri için koşulların uygun olması nedeniyle, bu metrelerde fotosentez faaliyetleri sonucu çözünmüş oksijen miktarıda artış gösterir. Bu mevsimde gölde karışımlar henüz fazla miktarda değildir ve derinlerde çözünmüş oksijen miktarı azdır veya başka bir ifadeyle gölde tam bir karışım olmadığından ve derinlikle fotosentez faaliyetleri azaldığından çözünmüş oksijen profili olarak gölde 3 farklı tabakalaşma oluşur.



Şekil 5. Çözünmüş oksijenin Sapanca gölünde dikey dağılımı.

Ocak ayında ise çözünmüş oksijen miktarı yüzeyden dibe kadar homojen bir dağılım gösterir. Kış mevsiminin atmosferik koşulları nedeniyle, gölsuyu çözünmüş oksijene tamamen doymuştur. Bu mevsimde tabakalaşmalar kırılır, yüzeyden dibe kadar olan değerler çok küçük sapmalarla aynıdır.

Mart ayında, Ocak ayında olduğu gibi çözünmüş oksijen derinlikle homojen bir dağılım gösterir. Yüzey suları atmosferle temas halinde olduğundan oksijence doygunudur.

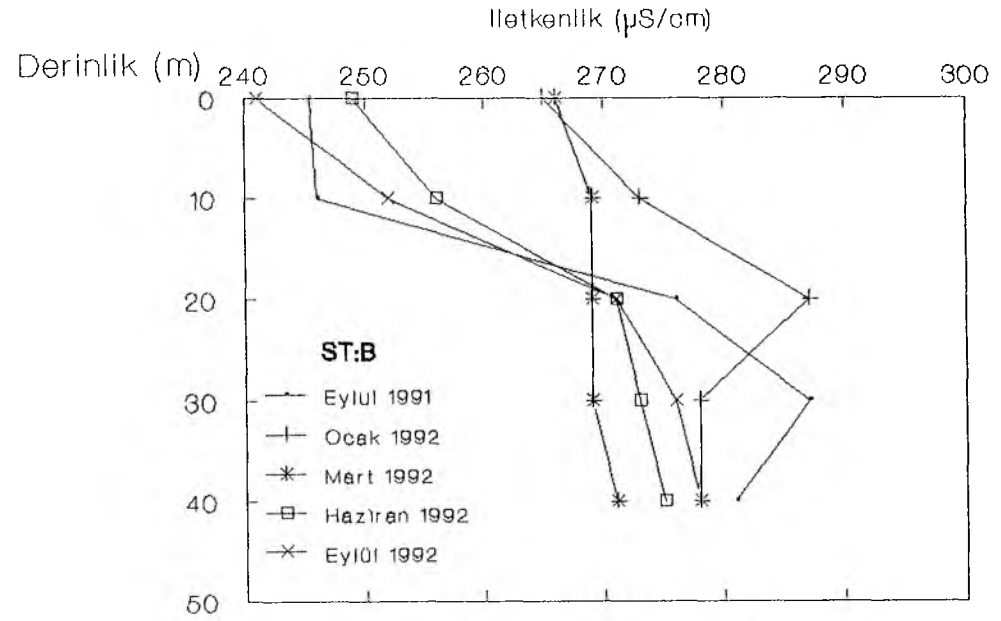
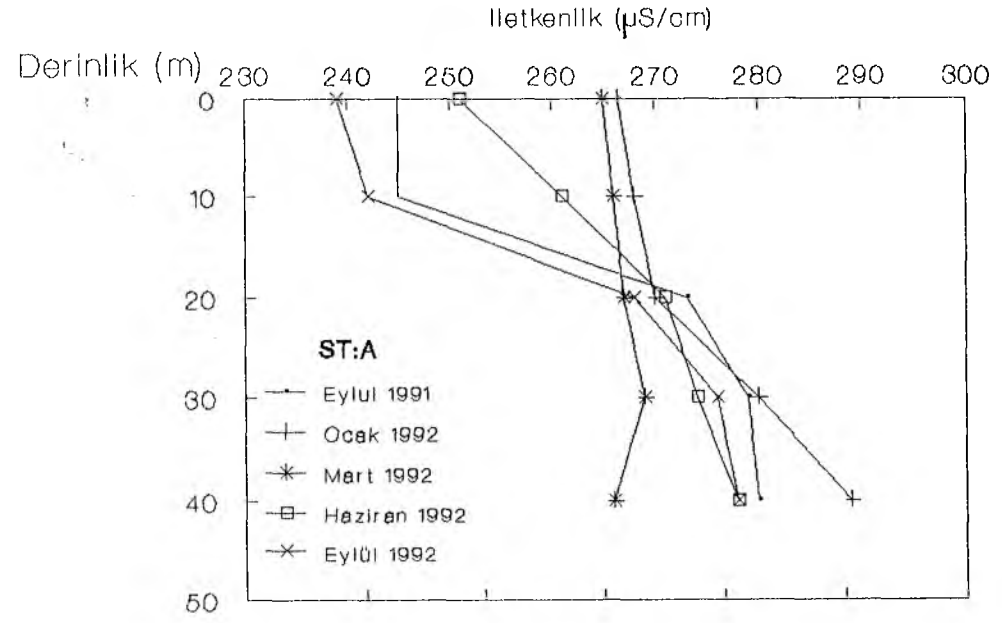
Haziran ayı ölçümlerinde çözünmüş oksijen yüzeyden itibaren derinlikle artmaktadır. Yaklaşık 7 metreye kadar artış sürer. 7-10 metreler arasında maksimum, 17 metreden itibaren giderek azalır ve bu azalış dipte yaklaşık 7 mg/l ile noktalanır. Yaz mevsiminde Sapanca gölünde çözünmüş oksijen dağılımı sıcaklıkta olduğu gibi 3 ayrı tabaka şeklinde dağılım gösterir. Çözünmüş oksijenin en zengin olduğu tabaka, termoklin tabakasıdır ve buda büyük bir olasılıkla fitoplanktonların fotosentetik faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır.

6.3. İletkenlik

Gölde ölçülen iletkenlik değerleri en düşük 239 $\mu\text{S/cm}$, en fazla 387.2 $\mu\text{S/cm}$ olarak bulunmuştur. İletkenlik değerleride mevsime ve derinliğe bağlı olarak değişmektedir. Bütün mevsimlerde iletkenlik değerleri derinlikle birlikte artış göstermektedir.

Mart ve Ocak aylarında suyun iyi karışımı sonucu iletkenlik değerleri yüzeyden dibe kadar fazla değişmeden dağılım gösterir. Sonbahar mevsiminde iletkenlik değerleri yüzeyden 10 metreye kadar hafif yükselir sonra 10-20 metre arasında çok belirgin bir artış gösterir. Bu artış termoklin tabakasıdır. Yüzeyde 245 $\mu\text{S/cm}$ olan değer dipte 280 $\mu\text{S/cm}$ 'ye ulaşır. Burada dikkat çeken nokta 10 ile 20 metreler arasında yani termoklin tabakasında yükselişin oldukça belirgin oluşudur.

İletkenlik sıcaklıkla ters orantılıdır. Yaz mevsiminde sıcaklıkla ters orantılı olarak iletkenlik değerleri değişmektedir. Derinliğe bağlı iletkenlik yükselişi daha belirgindir ve



Şekil 6. İletkenliğin Sapanca gölünde dikey dağılımı.

yükselme hızlıdır. Sıcaklık artışıyla CO₂'in çözünürlüğü azalmakta ayrıca fotosentez faaliyetlerinin artışıda CO₂ kullanımını arttırdığından iletkenlik değerini düşürmektedir. Nitekim Haziran ayı ölçümlerinde sıcaklığın derinlikle azalması sonucu iletkenlik değeride artmaktadır. Tüm yıl boyunca Sapanca gölünde iletkenlik değeri 290 µS/cm' i geçmemektedir.

6.4. pH

pH değerleri mevsime ve derinliğe bağlı olarak değişim gösterir. Eylül ve Haziran aylarında yüzeyde pH düşük değerde, derinlere doğru inildikçe bu değer artmaktadır. 10-20 metrelerde termoklin tabakasında düşüş hızlıdır. Nitekim bu mevsimlerde çözünmüş oksijen miktarı bu tabakada fazladır, fotosentez faaliyetleri hızlıdır dolayısıyla fotosentez faaliyetleri sonucu pH değeri azalır. Termoklin tabakasından sonraki tabakalarda pH değerleri pek fazla değişmez.

Ocak ve Mart aylarında mevsimsel koşulların özelliğiyle gölde iyi bir dağılımla pH değerleri 8.0 civarındadır. Bu durum muhtemelen su sütununda sıcaklık düşüşü nedeniyle karbonatların çözünürlüğünün artması ve fotosentetik faaliyetlerin az oluşundan kaynaklanabilir.

Sonbahar ve yaz mevsimlerinde organik maddenin dibe doğru çökmesiyle ara tabakadan sonra pH değerleri organik maddenin parçalanmasıyla düşer. Çünkü parçalanma sonucu suyun asiditeye doğru kayması beklenir. İlkbahar ve kışın suyun toplam karbondioksit (karbondioksit karbonatı, bikarbonat) çözünürlüğü arttığından ve de fotosentez faaliyeti az olduğundan ortamın pH'sı pek değişmez.

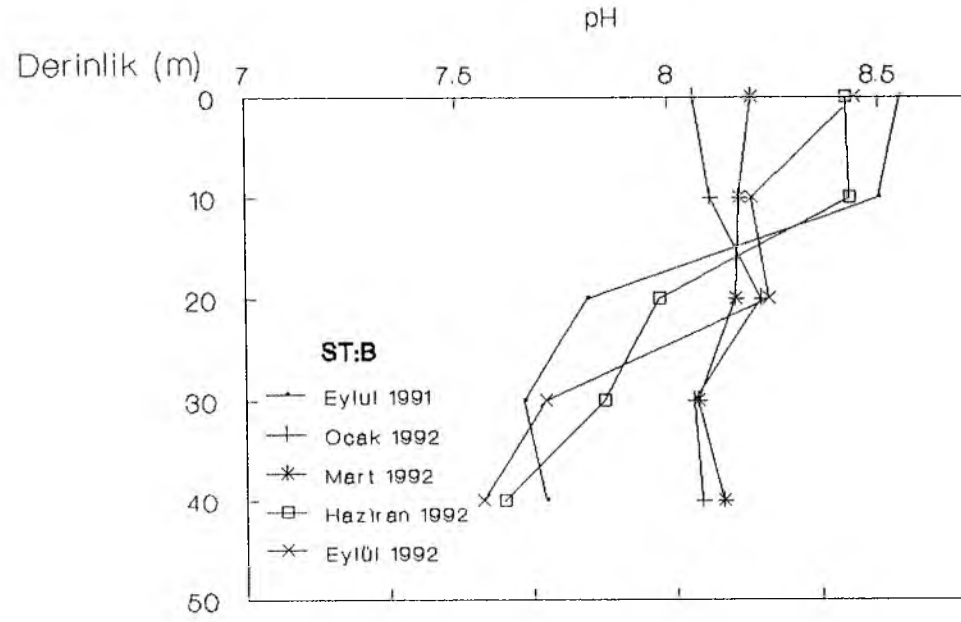
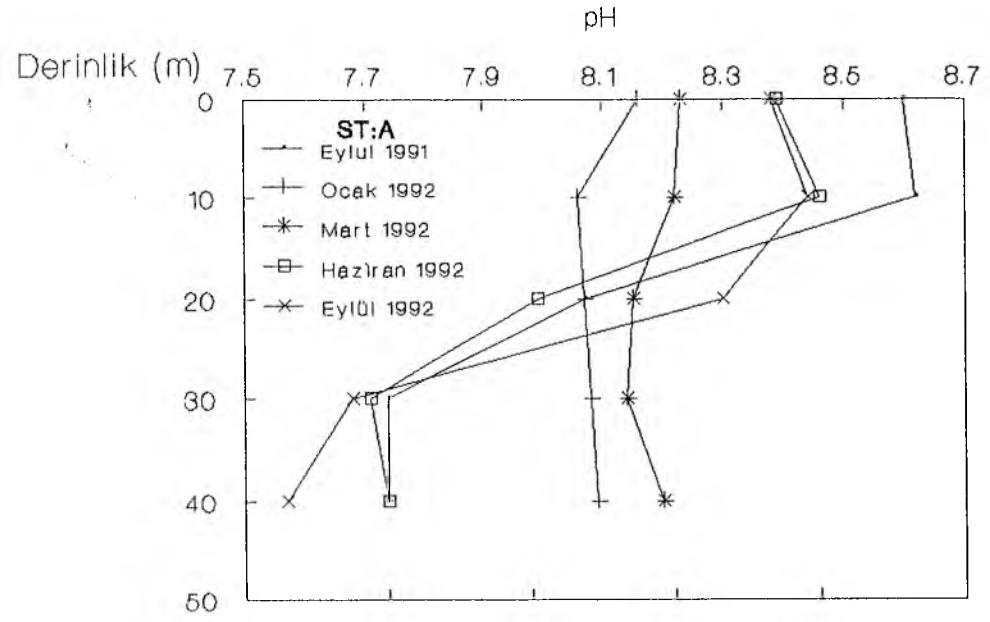
yükselme hızlıdır. Sıcaklık artışıyla CO₂'in çözünürlüğü azalmakta ayrıca fotosentez faaliyetlerinin artışı da CO₂ kullanımını arttırdığından iletkenlik değerini düşürmektedir. Nitekim Haziran ayı ölçümlerinde sıcaklığın derinlikle azalması sonucu iletkenlik değeride artmaktadır. Tüm yıl boyunca Sapanca gölünde iletkenlik değeri 290 µS/cm' i geçmemektedir.

6.4. pH

pH değerleri mevsime ve derinliğe bağlı olarak değişim gösterir. Eylül ve Haziran aylarında yüzeyde pH düşük değerde, derinlere doğru inildikçe bu değer artmaktadır. 10-20 metrelerde termoklin tabakasında düşüş hızlıdır. Nitekim bu mevsimlerde çözünmüş oksijen miktarı bu tabakada fazladır, fotosentez faaliyetleri hızlıdır dolayısıyla fotosentez faaliyetleri sonucu pH değeri azalır. Termoklin tabakasından sonraki tabakalarda pH değerleri pek fazla değişmez.

Ocak ve Mart aylarında mevsimsel koşulların özelliğiyle gölde iyi bir dağılımla pH değerleri 8.0 civarındadır. Bu durum muhtemelen su sütununda sıcaklık düşüşü nedeniyle karbonatların çözünürlüğünün artması ve fotosentetik faaliyetlerin az oluşundan kaynaklanabilir.

Sonbahar ve yaz mevsimlerinde organik maddenin dibe doğru çökmesiyle ara tabakadan sonra pH değerleri organik maddenin parçalanmasıyla düşer. Çünkü parçalanma sonucu suyun asiditeye doğru kayması beklenir. İlkbahar ve kışın suyun toplam karbondioksit (karbondioksit karbonatı, bikarbonat) çözünürlüğü arttığından ve de fotosentez faaliyeti az olduğundan ortamın pH'sı pek değişmez.



Şekil 7. pH' ın Sapanca gölünde dikey dağılımı.

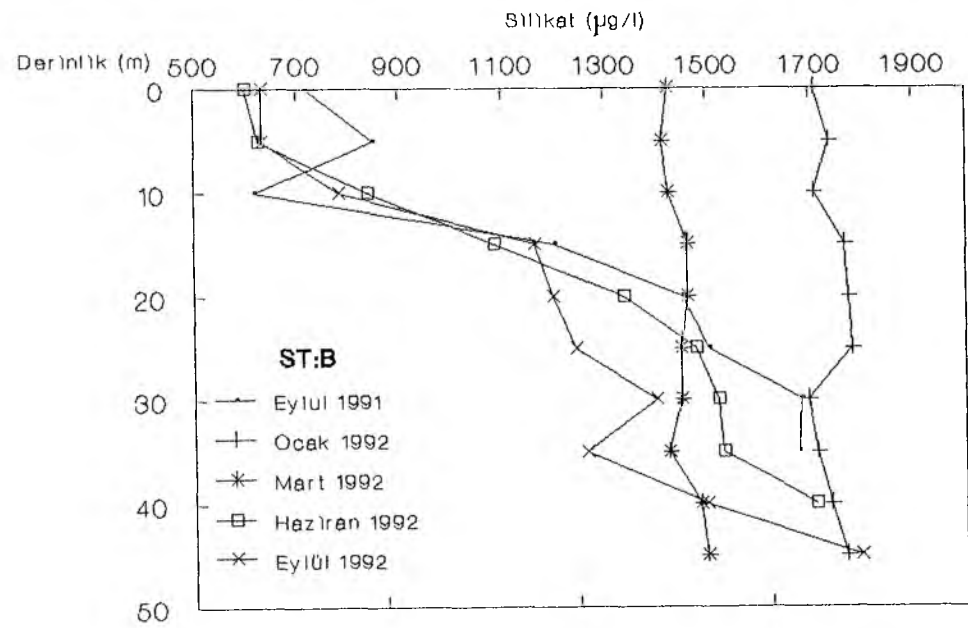
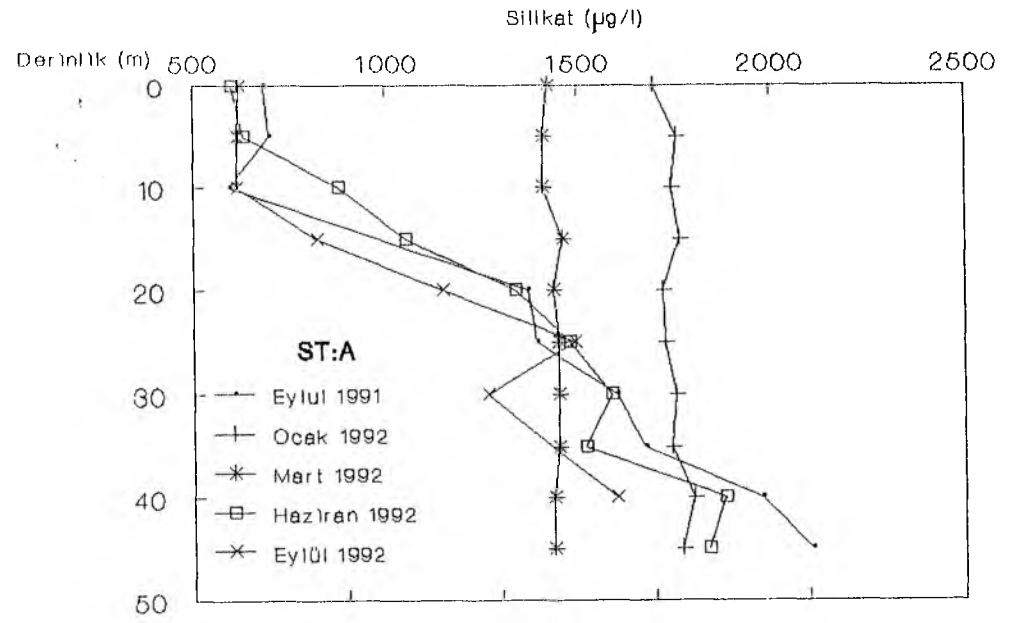
6.5. Besin Elementleri

Besin elementleri sucul organizmaların büyüme ve beslenmeleri için gerekli elementlerdir. Bunlar birçok elementi içermekle birlikte silikat, fosfor ve inorganik azot en önemlileridir. Ana elementlere oranla diğer besin elementlerinin derişimleri çok daha düşüktür.

6.5.1. Silikat

Silisyum Sapanca gölünde diğer besin tuzlarına oranla daha fazladır. Bunun nedeni, göle silisyum girişı oldukça fazladır ve kullanım azdır. Şekil 8 ' de görüldüğü gibi silisyum miktarı her mevsim 500 $\mu\text{g/l}$ ' nin üzerindedir. Ocak ve Mart aylarında göl suyu yüzeyden tabana kadar karıştığından silisyum miktarı su kolonunda küçük sapmalarla oldukça homojen dağılır. Bu mevsimlerde silisyum değerleri 1400-1800 $\mu\text{g/l}$ civarındadır. Diğer mevsimlerde silisyum yüzeyden başlayarak dibe kadar oldukça belirgin olarak artar. Yaz ve Sonbahar mevsimlerinde planktonik faaliyetlerin hızlı oluşu silisyum kullanımını hızlandırır. Derinlere doğru inildikçe bu kullanım en az düzeye iner ve burada silis miktarında artış gözlenir. Derinlerde organik maddenin parçalanma süreçleri ve diğer besin tuzlarında olduğu gibi silisyumda canlı hücrede, suda ve sedimanda birikir. Ancak bu birikim diğer besin tuzlarından oldukça farklıdır. Nitekim Artüz, [2] Sapanca gölünde hakim tür olarak diatom (Bacillariophyta) türlerinin toplam planktonların % 97' ni oluşturduğunu belirtmektedir.

Diatom türleri, bilindiğı gibi bünyelerinde silisyumu biriktirirler. Bu hücreler öldüklerinde silisyum suya karışır ve parçalanarak dipte birikir. Sapanca gölü suyunun rengini diatom türlerinin oluşturduğu kaynaklar da belirtilmektedir [2]. Sapanca gölü gibi içme amaçlı olarak kullanılan su kaynaklarında aşırı silisyum birikmesi filtrelerde tıkanmalara, kötü kokulara ve suyun tadının bozulmasına neden olabilmektedir.



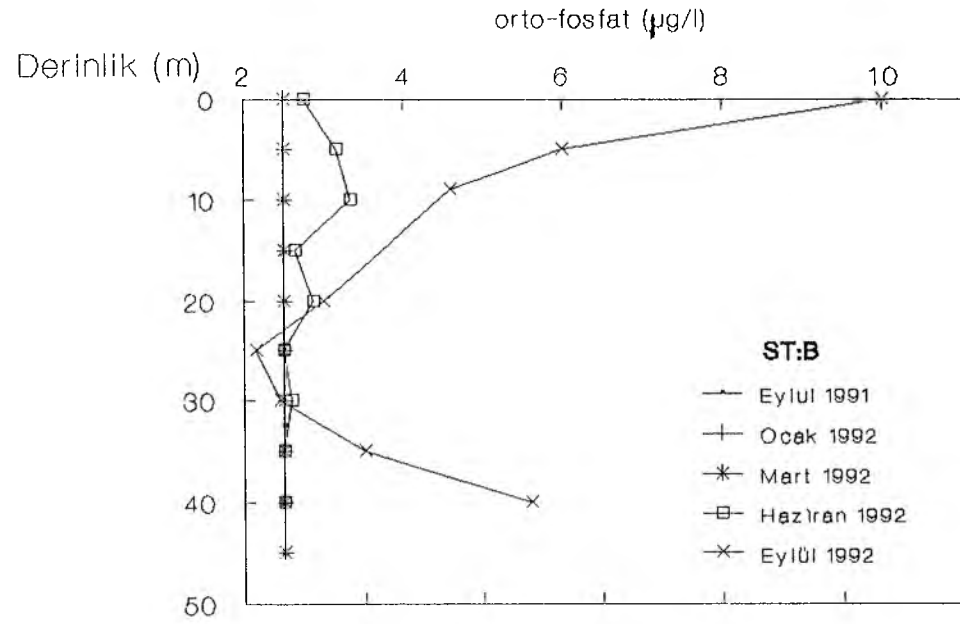
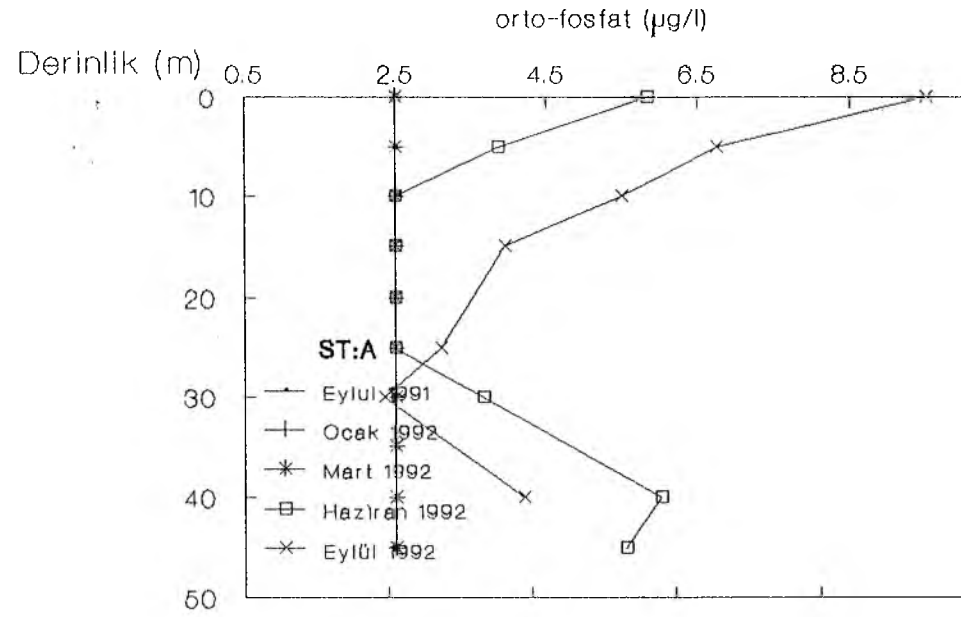
Şekil 8. Silikat' ın Sapanca gölünde dikey dağılımı.

6.5.2. orto-fosfat

orto-fosfat derişiminin yıl içerisinde fazla değişim göstermediği gözlenir. Saptanabilen en düşük orto-fosfat miktarı 2.5 µg/l' den azdır. Sonuç olarak mevsimlerle ve derinlikle orto-fosfat miktarı değişim göstermemiştir. Buda bize bu mevsimlerde g l havzasının orto-fosfat açısından fazla beslenmediğini gösterir. Giren fosfat, ya tamamen kullanılmakta veya fosfat girdisi çok az miktarda olmaktadır. Tuğrul ve diğerleri tarafından [1] tarafından yapılan çalışmada bu değer <2.5 µg/l olarak verilmektedir.

Yaz mevsiminde durum biraz farklıdır. G le bir fosfat girdisi söz konusudur. Bu girdi evsel veya tarımsal kaynaklardan olabilir. Bu değer yine de çok düşük miktardadır ve 10 µg/l' nin üstüne çıkmaz.

10-30 metrelerde orto-fosfat miktarındaki belirgin azalma, fosfatın buralarda fitoplanktonlar tarafından daha fazla kullanıldığının göstergesidir. A ve B istasyonlarında çok büyük değişim göstermemekle birlikte derinlere doğru fosfat miktarı dengededir.



Şekil 9. orto-fosfat' ın Sapanca gölünde dikey dağılımı.

6.5.3. Toplam fosfat

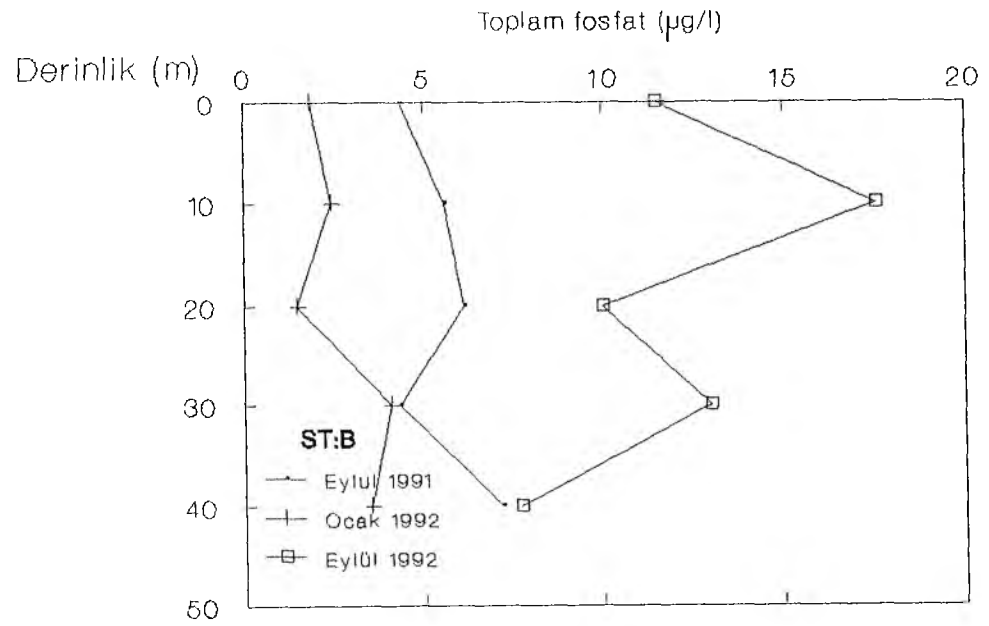
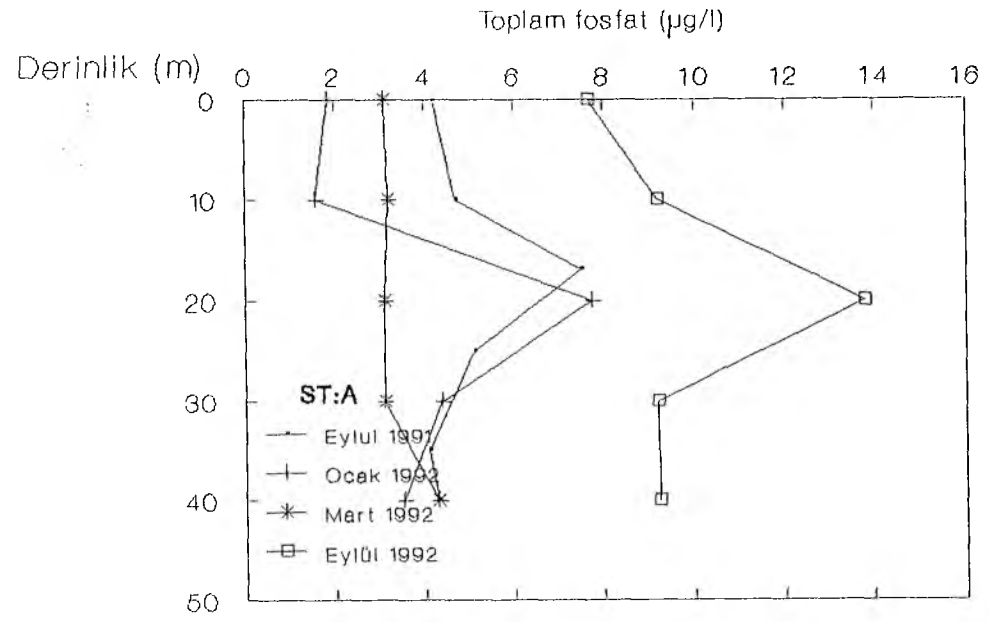
Sapanca gölünde toplam fosfat (organik, inorganik) miktarı azdır. Bu durum orto-fosfat değerlerinden de anlaşılabilir. Yapılan ölçümlerden bütün mevsim boyunca göle fosfat girdisinin çok az olduğu ve bu düşük konsantrasyonlu fosfatın ancak canlıların ihtiyacını karşıladığı ve bu fosfat döngüsünde etkili olduğu düşünülmektedir. Nitekim orto-fosfat değerlerinin 2.5 µg/l civarında olması bu kanıyı destekler.

Yüzeyde toplam fosfat miktarı dip kısımlara oranla daha azdır. Derinlere doğru inildikçe artış kaydedilir. Ancak bu artış yüksek oranlarda değildir. Alıcı sularda fosfat bilindiği gibi planktonlar için temel besin maddesidir ve bu nedenle sınırlayıcı olabilir. Ancak fitoplanktonların fosfatı kullanmaları dolaylı şekilde gerçekleşir. Çünkü planktonlar fosfatı çözünmüş orto-fosfat şeklinde özümserler. Bu nedenle ortamdaki fosfatın kullanılması, birtakım süreçler (bakteriler aracılığıyla inorganik fosfata dönüştürülmesi) sonucu meydana gelir.

Daha önce yapılan bazı çalışmalarda da toplam fosfat miktarının düşük miktarda olduğu saptanmıştır [1,2,24]. Sapanca bölgesi önemli bir tarım alanı olmasına rağmen göle girdisi (yıkama suları vs.) beklenen fosfat miktarının sanıldığından daha az olduğu, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde yapılan ölçümler sonucu anlaşılır [1]. Bu durum da fosfatın su havzasına çok az girdiği veya kısa sürede kullanıldığı kanısını uyandırır. Bunu doğrular bulguda; toplam fosfatın bütün bir yıl boyunca en fazla tespit edildiği Eylül ayı ölçümünde 18 µg/l' nin altında olmasıdır. Biyolojik aktivitenin en fazla olduğu 10-20 metreler arasında dahi toplam fosfatın fazla olmadığı gözlenir.

6.5.4. Nitrat azotu (nitrat+nitrit)

Nitrat azotu (nitrat+nitrit) su kolonunda 2.5-160 µg/l arasında saptanmıştır. Ocak ve Mart aylarında göl suyunun çok iyi karışması sonucu nitrat miktarı homojen dağılır ve yüzeyden dipte kadar fazla sapma göstermez. Ocak ve Mart aylarında homojen dağılan nitrat miktarından bu mevsimlerde biyolojik aktivitenin fazla olmadığı gözlenir.



Şekil 10. Toplam fosfat' ın Sapanca gölünde dikey dağılımı.

Sonbahar mevsiminde ise durum tam tersidir. Özellikle yüzeyle 20 metre arasında nitratın 2.5 $\mu\text{g/l}$ ' den az bulunması bu metrelerde nitrat kullanımının maksimum düzeyde olduğunu gösterir. Bu besin elementi burada yoğun olarak kullanılmaktadır. 20 metreden sonra nitrat miktarındaki çok hızlı artış termoklin tabakasının altında düşük ışık şiddetine bağlı olarak düşük fotosentetik aktiviteden kaynaklanmaktadır. Nitekim değer 100-120 $\mu\text{g/l}$ civarına ulaşmıştır. Alt sularda bakterilerin faaliyetleri sonucu organik maddelerin parçalanması ile nitrat miktarı artar ve yaz sonları ile sonbahar başlarında en yüksek seviyeye ulaşır.

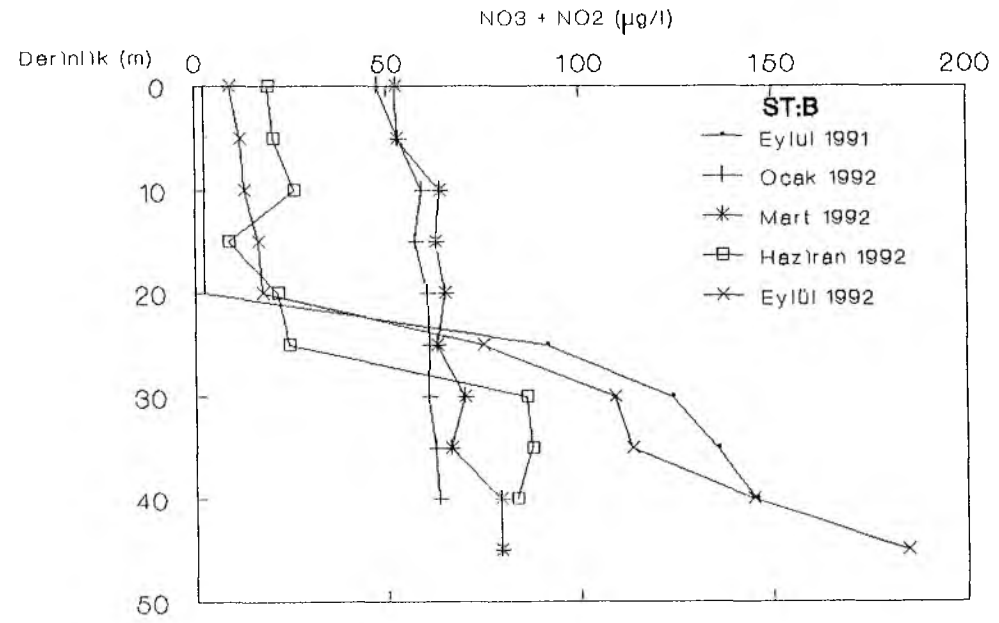
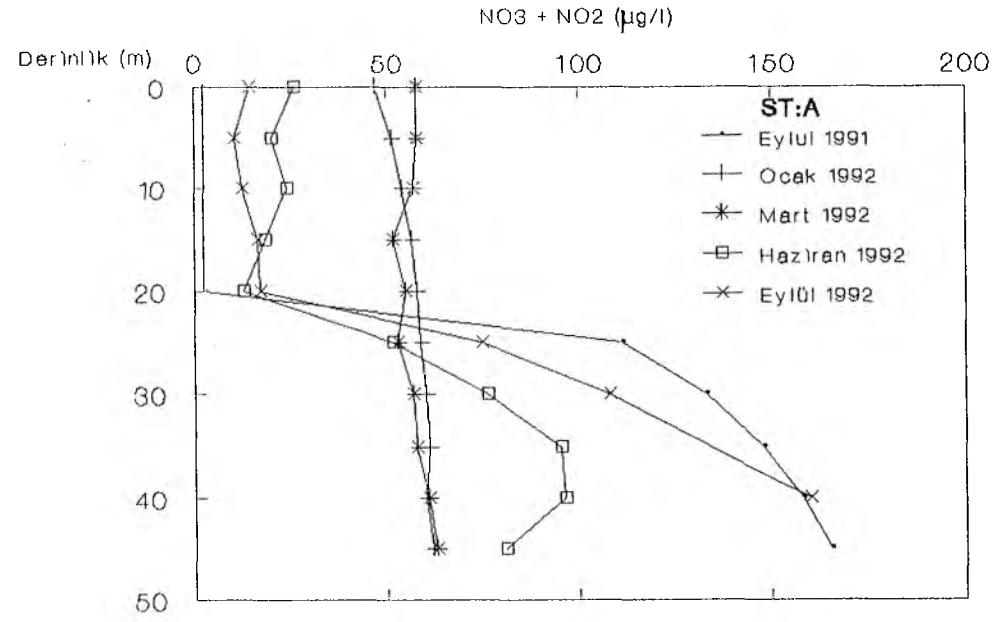
Nitrat zamana ve derinliğe bağlı olarak oldukça farklı değişim gösterir. Ocak ve Mart aylarında derinliğe bağlı nitrat değişimi fazla olmazken, Eylül ve Haziran aylarında derinlikle nitrat artışı oldukça belirgindir. Buda bu mevsimlerde nitrat kullanımının fazla olduğunu göstergesidir. Ocak ve Mart aylarında göl suyunun iyi karışımıyla homojen dağılan nitrat, bu mevsimlerde planktonlar tarafından fazla kullanılmamış, ilerleyen aylarda mevsim koşullarının değişmesiyle kullanımı artmıştır. Bu artış özellikle, yüzeyle - 20 metre arasında en fazla olmuştur.

6.5.6. Toplam azot

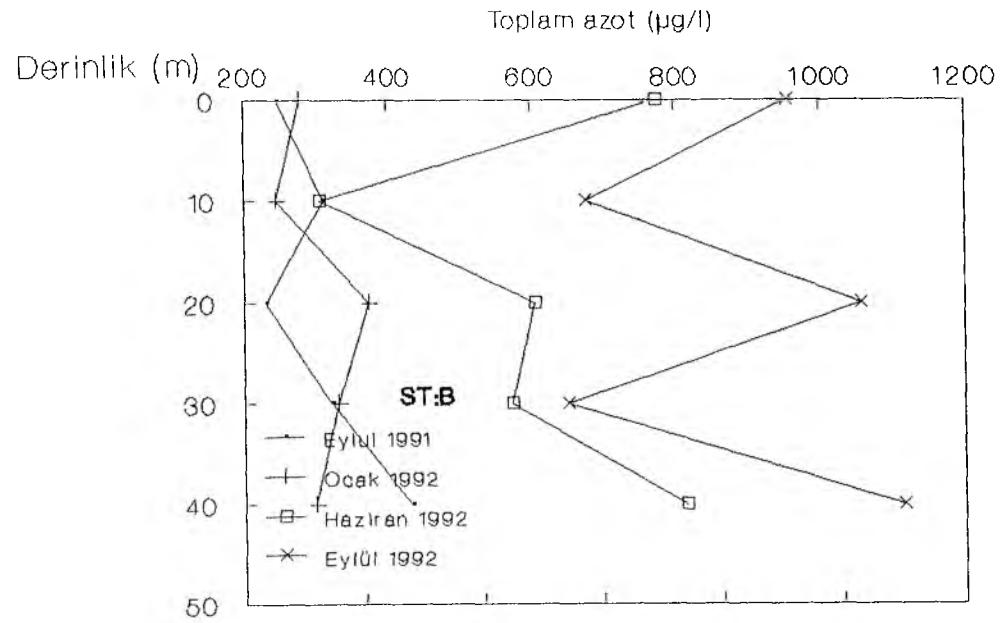
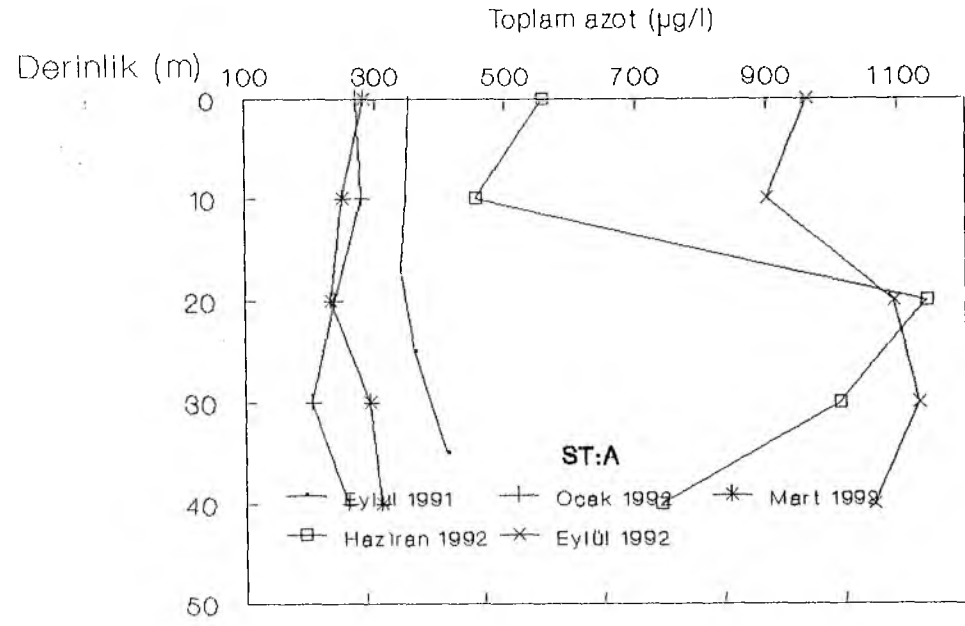
Göl suyunda toplam azot miktarı mevsime ve derinliğe bağlı olarak değişir (Şekil 12). Ocak, Mart ve Eylül aylarında derinlikle miktarı değişmektedir. Bu değişime 200-400 $\mu\text{g/l}$ arasında olup oldukça fazladır. Özellikle Ocak ve Mart aylarında göl suyunun iyi karışımı sonucu toplam azot dağılımı hemen hemen aynıdır.

Haziran ve Eylül (1992) ölçümlerinde toplam azot miktarında artış gözlenir. Bu artış özellikle 10-20 metreler arasında oldukça belirgindir ve yaklaşık 1100 $\mu\text{g/l}$ civarına ulaşır. Farklı bir durum olarak A nolu istasyonda derinlere doğru inildikçe azalırken B nolu istasyonda tekrar artar.

Yaz ve sonbahar mevsimlerinde ftoplanktonların aşırı üremesi nedeniyle miktar artmıştır. Ancak bu artış gölü besin yüklenmesi açısından kritik duruma getirmez.



Şekil 11. Nitrat+ nitrit' in Sapanca gölünde dikey dağılımı.



Şekil 12. Toplam azot' un Sapanca gölünde dikey dağılımı.

Sonbahar ve yaz mevsimlerinde artan toplam azotun dibe çökmesiyle, kullanılmayan azot bakteriler tarafından azot döngüsüne uğratılmaktadır. Dipte biriken azot formları gölün karışmasıyla yukarlara doğru taşınmaktadır.

6.10. İnorganik karbon

Sonbahar mevsiminde yapılan ölçümlerde inorganik karbon miktarının yüzeyde az olduğu, derinlere doğru bu değerin arttığı görülür.

İnorganik karbonun derinlikle birlikte artışı pH değeriyle de ilgilidir. Bilindiği gibi pH değeri azaldıkça, inorganik karbon değeri de artar [25]. Eylül ayı pH sonuçlarına baktığımızda pH' ın yüzeyden derinlere doğru azaldığı çok belirgin olarak gözlenir. Suyun pH değerinin azalması karbondioksit çözünürlüğünü artırır, sonuçta inorganik karbon miktarı artar. Derinlerde organik maddenin bakteriler tarafından parçalanmasıyla ortam pH' ı düşer, asiditeye doğru kayma olur. Bunun sonucu olarak karbonat ionları artar.

İnorganik karbonun sapanca gölünde mevsimsel dağılımı hakkında kesin kaniya sadece bu verilerden gidilerek varmak oldukça güçtür. Çünkü bütün mevsimlere ait veriler olmadığından (özellikle suyun alt-üst olma dönemlerinde) gölün inorganik karbon dağılımını tam olarak açıklamaz.

6.11. Toplam organik karbon

Toplam organik karbon ikiye ayrılır. Partikül organik karbon (POK) ve çözünmüş organik karbon (ÇOK). POK/ÇOK oranı yaklaşık 1/8-10 arasındadır [8,10].

Göldeki üretim POK' u etkiler. Bu çalışmada POK ayrımı yapılmadı. TOK' un büyük bir bölümü ÇOK' tur [26]. Bununda büyük bir kısmı muhtemelen suda oluşmayan dışardan gelen maddelerdir. Üretimin yüksek olduğu mevsimlerde belirgin bir TOK piki görülmediğinden kesin olmamakla birlikte göldeki TOK' un büyük bir bölümünün dışardan geldiği söylenebilir. Bu varsayımın test edilebilmesi için TOK içindeki POK ve

ÇOK ayrımının yapılması gerekir. Ayrıca TOK' un gerek mevsimsel ve gerekse derinliğe bağlı değişiminde çok belirgin sapmalar görülmedi. Küçük sapmaların görülmeside metottan kaynaklanabilecek dalgalanmalardan olabilir.

Tabakalaşmanın olduğu dönemlerde TOK miktarındaki artış dip sularda oksijenin kaybolmasına neden olabilir. Bu nedenle gelecek yıllarda göle dışardan girebilecek TOK miktarının izlenmesi gerekir.

6.6. Klorofil-a

En önemli pigment olan klorofil-a, fotosentez için gerekli olan ışık enerjisini absorbe etmek yoluyla kimyasal enerjiye çevirme özelliğine sahiptir [27]. Klorofil-a fitoplanktonlarda bulunmaktadır. Bunun ölçülmesi bitki biyokütlesi hakkında bilgi vermektedir [28]. Biyokütle ölçümü de birincil verimlilik hakkında bir fikir verebilir [29].

Klorofil-a değerleri Sapanca gölünde 0.16-3.30 $\mu\text{g/l}$ olarak saptanmıştır (Tablo.3). Klorofil-a değerlerinin mevsimlere bağlı değişiminde en çok sapma sonbahar mevsiminde görülür. Bu değişim 5 metre civarında belirgindir.

Daha önce yapılan çalışmalarda Ağustos ve Eylül 1989' da 25 metrede termoklin tabakasının altında yüksek klorofil değerleri tesbit edilmiştir [1,30]. Sonbaharda alt tabakalarda klorofil-a değerinin yüksek olmasının nedeni, yüzeyde (Epilimnion) besin maddelerinin planktonlar tarafından tüketilmesi sonucu, planktonlar daha alt tabakalara iner ve fotosentetik faaliyetler burada devam edebilir. Yani göl suyunun alt tabakalarında ışık şiddeti az olmasına rağmen suyun karışımı, yukarı tabakalarda besinin kullanılması sonucu azalma ve ışıksız ortama uyan türlerin (alglerin) fotosentezinden dolayı daha alt tabakalarda üretim görülür. Besinin az, ışığın fazla olduğu sularda alglerdeki C:klo-a oranı yüksektir [30]. Işık şiddetinin % 1' den az olduğu derinliklerde C:klo-a oranında değişim görülür. Burada hücre (alg) içindeki klorofil-a oranı artmıştır. Bu durum ışık şiddeti ile ilgilidir. Derinsu klorofil maksimum (DKM) denilen bu olay biyolojik profilin

en önemli özelliklerinden biri olup, genellikle yoğunluğun süreklilik göstermediği kısımlarda ve ışık şiddetinin % 10 - 1' e indiği derinliklerde meydana gelir [31].

Yüzey sularında besin elementlerinin özellikle azotun azalmasıyla klorofil miktarıda düşüktür. Işık yeterli olsa bile azotun yetersiz oluşu fitoplanktonların büyümelerinde büyük bir olasılıkla sınırlayıcı olabilir [32]. Yüzeyde ışık şiddetinin yeterli olmasına rağmen klorofil-a' nın düşük olması besinin tüketilmesinden özellikle azotun çok azalmasından kaynaklanabilir.

Ocak ve Mart aylarında klorofil-a dağılımı Eylül ve Haziran aylarına oranla daha homojen bir dağılım gösterir. Çünkü bu mevsimlerde su kolonunda iyi karışım sonucu besin elementlerinin dağılımı hemen hemen aynıdır. Su devamlı olarak karışım halindedir, tabakalaşma kırılmıştır. Yaz mevsiminde ise termoklin tabakasında (yaz termoklini) klorofil-a değerlerinde artış gözlenir. Yaz mevsimi diğer mevsimlere göre kurak mevsim olduğundan ve dolayısıyla besin girdiside az olacağından fotosentez faaliyetleri sonbahar mevsimine kıyasla azdır. Yüzeyde ışık şiddetinin optimum miktarda olduğu düşünülürse fotosentez miktarında fazla olması beklenebilir. Ancak yüzeyde ışık şiddeti ve geçirgenlik fazla olmasına rağmen, diğer koşulların (besin tuzlarının miktar ve dağılımı) azlığı nedeniyle klorofil-a miktarıda azdır. Bir başka kanıyla, besin tuzları göl suyunun üst tabakalarına kadar ulaşamamakta, ara tabakalarda tüketilmektedir. Sapanca gölü klorofil-a değeri dikkate alındığında oligotrof göllere dahildir.

7. BİRİNCİL ÜRETİM

Verimlilik çok kullanılan güncel bir kavram olmasına karşın bu terimin tanımı için pek çok tartışmalar yapılmıştır [5]. Organik maddelerin sudaki biyolojik çevrimi söz konusu olduğunda, ototrofik organizmalar birincil üreticiler olarak adlandırılır. Çünkü bu canlılar su ortamında biyolojik kökenli organik maddeyi üretirler. Organik maddelerin birincil üreticiler tarafından sentezlenmesine *birincil üretim* (primary production), birim zaman ve birim hacim veya birim alanda üretilen organik madde miktarı ise *birincil verimlilik* (primary productivity) olarak tanımlanmaktadır [7].

Ekosistemin, biyolojik açıdan daha genel anlamda görünüşünü simgeleyen [28] birincil üretim bilinen bir formülle dar anlamda şöyle özetlenebilir [5];



Birincil üretim (fitoplankton üretimi) sulu ortamlarda besin ağının ilk halkasını oluşturduğundan, ekosistemlerde değişik trofik kademelerdeki enerji akışının takibi için birincil üretimin ölçümü, temel verilerin elde edilmesinde araştırmacılar için önemlidir. Birincil verimlilik değerleri, o alanın su ürünleri potansiyeli hakkında önemli bilgiler verir [7]. Çevresel koşullara bağlı değişken olan birincil verimlilik sonuçlarından şu bilgiler edinilebilir [7];

- a- herbivorlar için gerekli olan besin maddesi miktarı,
- b- üretilen organik maddenin parçalanması için alt sularda ihtiyaç duyulan oksijen miktarı,
- c- alt sularda anorganik besin elementlerinin birikimi hızı,
- d- sedimantasyondan sonra sedimanda biriken detritus (partikül organik madde) miktarı.

Birincil üretimin hesaplanmasıyla ilgili bir çok yöntem vardır. Bunlardan bazı çalışmalara temel olan Ryther ve Yentsch' in [29] seki disk görünürlüğü, klorofil-a ve günlük güneş

radasyon değerlerinden birincil üretimin hesaplandığı yöntem bu çalışmada uygulanmıştır. Bu amaçla Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü güneş radyasyonu verileri [33] kullanılarak, Quantameter ve Deck Fotometreyle (ışık şiddeti ölçüm aletleri) su sütununda görünür yüzey ışık şiddetinin %' de olarak 75, 50, 10 ve 1' e indiğı derinliklerden su örnekleri (her iki istasyondan) yatay örnekleycilerle alınarak uygun koşullarda laboratuvara ulaştırılıp gerekli analizler yapılmıştır.

Su sütununun 1 m² lik kesitindeki toplam birincil üretim miktarı ve çeşitli derinliklerdeki birincil üretim değerleri (Şekil 13) yöntem de belirtilen formüller, [29] interpolasyon ve integrasyon hesaplama yöntemleriyle gerçekleştirilmiştir.

Fotosentez klorofil-a miktarına bağıdır. Bu nedenle su örneğinin klorofil içeriğı onun fotosentetik indeksi olarak kullanılır. Ryther ve Yentsch denklem (1)' i kullanarak günlük fotosentez hızını (P) mg C /m²/gün cinsinden hesaplanacağını gösterdiler.

Klorofil-a yöntemi kullanılarak yapılan hesaplamada asimilasyon (özümleme) sayısı sabit kabul edilmekle birlikte bir çok faktörlere bağı olarak değıştiğı bilinmektedir. Bu sayının ölçüm yapılan sistemin özelliklerine bağı olarak zaman ölçeğinde belirlenmesi gerekmektedir.

7.1. Klorofil-a yöntemiyle birincil üretimin hesaplanması

Bürüt birincil üretim, Ryther ve Yenstch [29] tarafından geliştirilen formül yardımıyla klorofil ve organik yapıya dönüştürülen karbondioksit miktarı değerleri kullanılarak hesaplandı.

$$P = R/k \times C \times 3.7 \quad (1)$$

burada;

$$P = \text{bürüt birincil üretim } g \text{ C/m}^2/\text{gün},$$

R = nispi fotosentez $R/m^2/gün$,

k = ışık geçirgenlik (sönüm) katsayısı,

C = klorofil-a miktarı g/m^3 .

R , değeri güneş enerjisinin bir fonksiyonu olarak elde edilir. Işık geçirgenliği (sönüm katsayısı), k , seki disk (d) derinliği (m) ile ilişkilidir.

Su ortamında fitoplanktonların üremesini sınırlayan en önemli faktörlerden biri ışık şiddetinin ulaşabileceği derinliktir. Öfotik zonda ışık şiddetinin % 1' e ulaştığı su derinliğinde fitoplanktonların fotosentezi respirasyona (solunum) eşittir [7]. Bu nedenle öfotik zonda fotosentezin respirasyona eşit olduğu derinlik dengeleme derinliği olarak bilinir (D_d) ve bu derinlikteki ışık şiddetine " dengeleme ışık şiddeti" adı verilir.

Işık şiddeti ve besin maddelerinin yüzeye doğru fazla olmasıyla yüzeyde plankton patlamaları meydana gelir. Besin maddelerinin yüzeyden azalmaya başlamasıyla birlikte fitoplankton maksimumu ve birincil üretim alt derinliklere iner.

Sapanca gölünde birincil üretimin en fazla olduğu mevsim yazdır (Şekil 13). İlk baharda suyun alt-üst olmasından sonra dipteki besin maddelerinin üst tabakalara çıkması ayrıca ışık ve sıcaklık gibi faktörlerin etkisiyle yaz mevsiminde birincil üretimde artış olabilir. Haziran ayı ölçüm sonuçlarından bunu rahatlıkla söylemek mümkündür. Her iki istasyonda da (A ve B) bu mevsimde üretim değerinin diğer mevsimlerden daha fazla olduğu görülür. Bu mevsimde alglerin hızlı üremesiyle yüksek üretim değerleri elde edilir. Bütün mevsim boyunca üretim değerleri karşılaştırma yapıldığında Eylül (1991), Mart (1992) ve Eylül (1992) aylarında benzer dağılımlar görülür. Özellikle sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde alg patlamaları nedeniyle üretimin yüksek olması beklenirken, bu aylarda yılın en düşük üretim değerleri elde edildi. İlkbaharda su kolonunda tabakalaşma başlamamıştır. Yani suyun karışımı devam etmektedir. Nitekim Mart ayı sıcaklık verilerine (Şekil 4) baktığımızda sıcaklık dağılımının eşit olduğunu ve suyun sıcaklığının plankton patlaması için uygun olmadığını söyleyebiliriz. Bu durum üretimin beklenenden az olmasına neden olabilir.

Sonbahar da üretimin yine beklenenden az olması göldeki besi maddelerinin yaz boyunca planktonlar tarafından kullanılmasıyla azalışından kaynaklanabilir. Zaten gölde besin maddelerinin derişimi azdır. Yaz boyunca kullanımdan dolayı besin elementleri derişimi azalır yaz sonu sonbaharda başlarında havaların soğumaya başlaması ve dikey karışım sonucu besin elementleri derişimi artar.

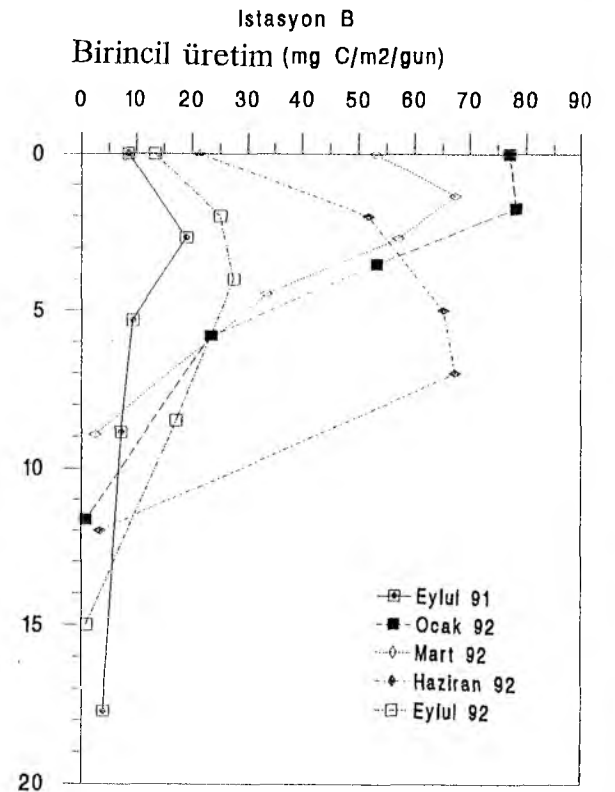
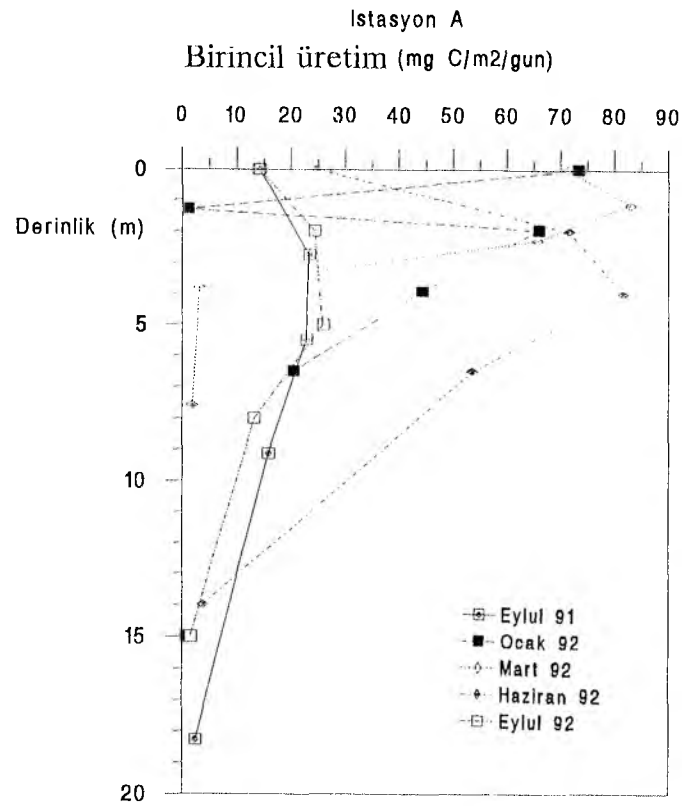
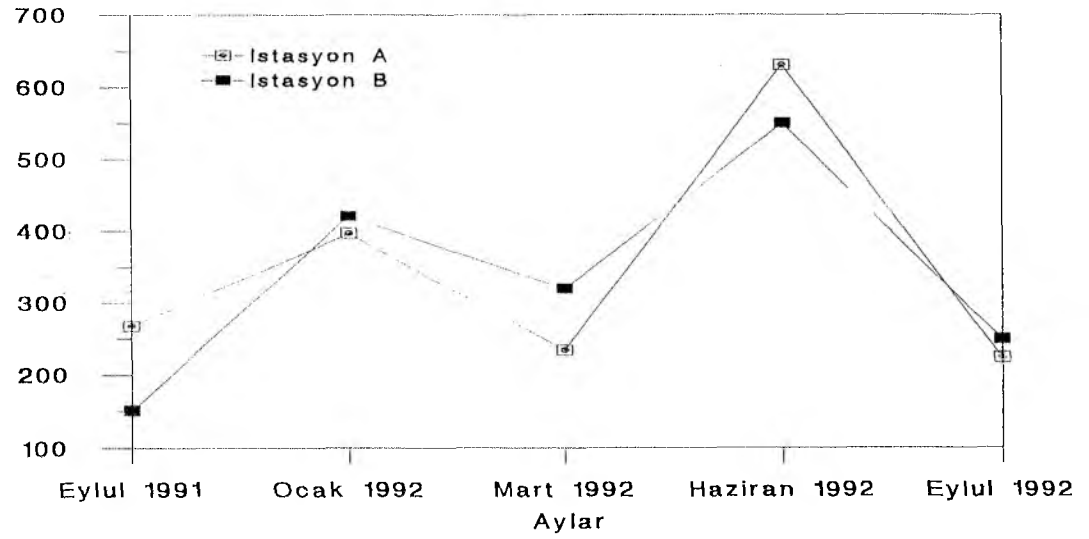
Ocak (1992) ve Haziran (1992) ayları ölçümünde üretimin diğer mevsimlere oranla yüksek olduğu, özellikle Haziran ayında maksimum düzeyde olduğu görülür (toplam üretim değeri $630 \text{ mgC/m}^2/\text{gün}$). Bu durum her iki istasyonda da hemen hemen aynıdır. Ocak ayında ışık şiddetinin diğer mevsimlere göre daha az olmasına rağmen üretimin fazla olması gölün iyi karışımından ayrıca hücre (plankton) içindeki C:klo-a oranındaki değişimden kaynaklanabilir. Haziran ayındaki yüksek düzeydeki üretim bizi yanıltabilir. Çünkü fotosentezin bir indisi olarak kabul edilen [29] klorofil artışı üretiminde yüksek olduğu sonucunu verebilir. Suyun C:klo-a oranını bilmediğimiz için çıkan sonuçlardan üretimin yüksek olduğu sonucuna varılamaz. Ancak 14-C tekniği ile algal C:klo-a oranını belirledikten sonra üretim hakkında sonuca varılabilir. Haziran ayında yüksek üretimin bir başka nedeni de hücre içindeki klorofilin büyümesi olabilir. Yani hücredeki klorofilin miktarı fotosentez için optimum koşulların varolması ile artmıştır. Yine burada zooplankton kütlesi hakkında veriler olmadığından birincil üretimin arttığına dair bulgularımızı kesin olarak doğrulamaz.

Üretimin derinliğe göre dağılımı incelendiğinde her mevsimde en yüksek üretimin yüzeyle 5 metre arasında olduğu görülür. Bu değer 10 metreye doğru azalır, 20 metre civarında en aza iner. Yüzeyden derine doğru azalış, Eylül ve Mart aylarında daha az sapmalarla olurken, diğer mevsimlerde derinlikle üretim azalışı yaklaşık 10 metreden itibaren hızlıdır.

Üretimin yüksek olduğu derinlikler yüzeyin hemen altıdır, burada ışık faktörünün yanında bir çok faktörlerin (besin tuzları vs.) de olumlu etkisinden söz etmek mümkündür. Işık şiddetinin % 100' e yakın olduğu su yüzeyinde üretim değeri sanıldığı gibi çok fazla düzeyde değildir. Su yüzeyinde güneş radyasyonunun yüksek olması üretimin beklenenin altında olmasına neden olabilir [10]. Işık şiddetinin % 1' e indiği derinliklerde, fazla

olmamakla birlikte üretim vardır. Ancak bu derinliklerde üretimin tüketime eşdeğer olması net üretim açısından önem taşımayabilir. Sapanca gölü mevsimlere ve derinliğe bağlı birincil üretim değerleri itibariyle oligotrofik karakterdedir. Birincil üretim miktarı fazla olmamakla birlikte balık üretiminin verimli düzeyde olduğu bazı kaynaklarda belirtilmektedir [2,24]. Sonuç olarak birincil üretim değerleri esas alındığında Sapanca gölü oligotrofik karakterdedir, ancak mezotrofik karaktere doğru bir eğilim vardır. Haziran (1992) verileri bunu kanıtlamaktadır. (Oligotrof göller için sınır 30 - 300 mgC/m²/gün olarak verilmektedir [25,26]).

Birincil üretim (mgC/m²/gun)



Şekil 13. Sapanca gölünde A ve B istasyonlarında birincil üretimin mevsimlere bağlı değişimi (A), istasyon A' daki derinliğe ve mevsimlere bağlı birincil üretimin dağılımı (B), istasyon B' deki birincil üretimin derinliğe ve mevsimlere bağlı değişimi (C).

8. TROFİK DURUM İNDEKSİ

Göl suyu kalitesini belirlemek amacıyla trofik durum indeksinden (Trophic State Index = TSI) yararlanılır. Trofik durum indeksi herhangi bir gölün sınıflandırılmasında (mezotrof, ötrof, vs.) güvenilir bir parametre olduğu gibi aynı zamanda karar verme mekanizmasında öncelikle ele alınacak tedbirler ve uyarılar konusunda açıklık sağlar [30]. Yani çalışma konusu gölün hangi tür göllere dahil olduğunu belirlemede ve sistematik çalışma konularında pratiklik sağlayarak çok önemli katkıda bulunur.

Trofik durum değerlendirmesi için göldeki N/P oranına bakılmakla birlikte TSI sonuçları gölün ötrofikleşmesi (zenginleşmesi) konusunda yararlanılacak en önemli parametredir [34]. Bu amaçla Carlson' un [35] seki disk derinliği (SDD), klorofil-a (k-a), toplam fosfor (t-p) ve toplam azot (t-a) değerleri kullanılarak TSI değerleri hesaplandı.

$$TSI (SDD) = 10 (6 - \ln SDD / \ln 2) = 60 - 14.427 \times \ln (SDD)$$

$$TSI (klo-a) = 10 (6 - 2.04 - 0.68 \times \ln (klo-a) / \ln 2) = 30.6 + 9.81 \times \ln (klo-a)$$

$$TSI (t-p) = 10 (6 - \ln (48) / t-p) / \ln 2 = 4.15 + 14.427 \times \ln (t-p)$$

Hesaplamalardan elde edilen değerler Carlson' un (Tablo 4) TSI değerleriyle karşılaştırma yapıldı.

TSI	Seki disk derinliği (m)	Yüzey toplam fosfor (mg/m ³)	Yüzey toplam azot (mg/m ³)	T.Klo-a (mg/m ³)
0	64.0	0.75	5.2	0.04
10	32.0	1.5	10.4	0.12
20	16.0	3.0	20.8	0.34
30	8.0	6.0	41.6	0.94
40	4.0	12.0	83.2	2.6
50	2.0	24.0	167	6.4
60	1.0	48.0	333	20.0
70	0.5	96.0	666	56.0
80	0.25	192.0	1330	154.0
90	0.12	384.0	2760	427.0
100	0.062	768.0	5330	1183.0

Tablo 4. Seki disk derinliği, klorofil-a, toplam fosfor ve toplam azot' a bağlı TSI değerleri [34].

TSI değerleri 0 - 100 doğrultusunda ötrofik yapıya geğişi gösterir. TSI 0 - 40 oligotrofik, 40 - 70 mezotrofik, 70 - 100 ötrofik durumu gösterir [16].

SDD, klorofil-a ve toplam fosfat' a dayalı TSI sonuçlarından (Tablo 5) Sapanca gölünün halen oligotrofik karakterde olduğu görüldü. Seki disk derinliğine bağlı TSI sonuçları dikkate alındığında mezotrofik yapıya geğişi söz konusudur. Ancak TSI değerlerinin Ocak ve Mart aylarında yüksek olması kesin sonuca varmayı güçleştirir. Çünkü bu mevsimlerde suyun besin derişimi fazla değildir. Yağmur suları ile görünürlüğün (SDD) azalması doğaldır, ancak klorofil-a değerlerinin diğer mevsimlerden fazla olmaması beklenir. Bu açıdan toplam fosfat ve klorofil-a ölçümlerinde analitik bir hatadan kaynaklanabilecek bir artış olabilir.

Trofik durum açısından genel bir yaklaşımla (bütün mevsim süresince) Sapanca gölünün halen oligotrofik karakterde olduğu söylenebilir. Bununla birlikte bazı mevsimlerde oligotrof düzeyden mezotrof düzeye geçişin olduğu da gözlemlendi.

Ölçüm zamanı	Parametreler	Ölçülen değerler		TSI	
		ST:A	ST:B	ST:A	ST:B
Eylül 1991	SDD (m)	6.55	6.75	32	32
	Klorofil-a (mg/m^3)	0.42	0.70	22	27
	T. fosfat (mg/m^3)	4.38	4.22	25	24
Ocak 1992	SDD (m)	4.80	4.30	37	38
	Klorofil-a (mg/m^3)	2.85	3.10	41	42
	T. fosfat (mg/m^3)	1.85	1.85	13	13
Mart 1992	SDD (m)	2.80	3.30	45	43
	Klorofil-a (mg/m^3)	2.92	2.20	41	38
	T. fosfat (mg/m^3)	3.1	-	20	-
Haziran 1992	SDD (m)	2.20	2.9	49	45
	Klorofil-a (mg/m^3)	1.91	1.65	37	36
	T. fosfat (mg/m^3)	5.52	13.15	29	41
Eylül 1992	SDD (m)	7.50	7.20	31	32
	Klorofil-a (mg/m^3)	0.69	0.66	27	26
	T. fosfat (mg/m^3)	7.69	11.50	34	40

Tablo 5. Seki disk derinliği, klorofil-a ve toplam fosfat' a bağlı TSI ' in Sapanca gölü için hesaplanan sonuçları.

9. SONUÇ

Daha önce yapılan çalışmaların, bu çalışmanın sonuçları ile karşılaştırıldığında A [3] nolu çalışmada, sonuçlar arasında büyük farklılıklar olduğu görülmektedir. Özellikle orto-fosfat ve nitrat+nitrit değerlerinde büyük sapmalar oldukça belirgindir. Bu sapmalar kullanılan metotdaki yöntemlerden kaynaklanmış olabilir, fark bu çalışma sonuçları ile karşılaştırılamayacak kadar büyüktür. B [21] ve C [1] nolu sonuçlar, bu çalışmada elde edilen değerlere yakındır. Burada orto-fosfat ve nitrat+nitrit miktarında artışın olduğu Tablo' dan (6) anlaşılmaktadır. Yinede Tablo 6' daki sonuçlara bakarak kesin bir kanaata varmak oldukça güçtür. Çünkü kullanılan metodlardaki farklılıklar ve ölçüm zamanlarının aynı olmaması sağlıklı bir sonuca varmayı engellemektedir.

Sapanca gölünde 1991 ve 1992 arasında yapılan mevsimsel ölçüm ve analizler sonucunda gölün halen oligotrof karakterde olduğu söylenebilir. Ancak çözünmüş oksijen, toplam fosfat, toplam azot ve birincil üretim değerleriyle oligotrof yapıdan mezotrof yapıya doğru geçişler görüldü. Oligotrof göllerde bilindiği gibi çözünmüş oksijen her mevsimde mevcuttur [5,25]. Sapanca gölünde derinlerde çözünmüş oksijenin 0.9 mg/l' ye kadar azaldığı Tuğrul ve diğerlerinin çalışmasında [1] belirtilmektedir. Nitekim bu çalışmada da çözünmüş oksijenin derinlerde oldukça azaldığı (2.9 mg/l) gözlemlendi (Şekil 5). Çözünmüş oksijen azalmasına rağmen, organik madde derişiminde bir artış olmamıştır. Bilindiği gibi organik maddenin su kolonuna girmesiyle çözünmüş oksijen bakteriler tarafından kullanılacağından azalır. Sapanca gölünde derinlerde çözünmüş oksijen derişimi azalmasına rağmen organik maddelerin miktarında bir artış gözlenmedi. Sapanca gölünde çözünmüş oksijenin yaz sonu-sonbahar başlarında iyice azalarak 0.5 mg/l seviyesine kadar indiği bilinmektedir.

Toplam azot ve toplam fosfat değerlerinde yaz ve sonbahar (1992) mevsimlerinde artış görülür. Bu parametreler açısından göl suyu henüz kritik bir durumda değildir.

Sapanca gölünde sıcaklık tabakalaşması mevsimin özelliğine bağlı olarak değişir. Bu tabakalaşma 10 metre ile 20 metre arasında değişmektedir.

Derinlik (metre)	Parametre	A Min-Mak.	B Min-Mak.	C Min-Mak.	D Min-Mak.
0.5 20 30	İletkenlik (µS/cm)	180-270 185-265 185-270	-	251-262 282-289 280-289	239-273 267-287 269-287
0.5 20 30	Çözünmüş oksijen (mg/l)	7.8-13.5 5.6-12.4 5.4-12.2	6.63-14.5 4.55-13.25 2.3-13.3	8.4-12.0 3.0-9.7 2.1-8.6	7.5-12.7 5.7-12.6 5.2-11.9
0.5 20 30	pH	8.0-8.6 7.5-8.4 7.1-8.2	6.50-8.8 6.5-8.8 6.5-8.1	8.12-8.58 7.68-7.80 7.56-7.80	8.06-8.62 7.81-8.30 7.66-8.14
0.5 20 30	orto-fosfat (µg/l)	0-216 0-323 0-91	<1.0-<1.0 <1.0-<1.0 <1.0-<1.0	1.0-10 1.7-4 1.0-3	<2.5-10 <2.5-3.0 <2.5-3.66
0.5 20 30	Nitrat + nitrit (µg/l)	0-1420 0-1010 0-750	-	1.0-2 1.0-18 2.7-131	<2.5-63.5 <2.5-64.8 24.4-132.9
0.5 20 30	T.O.K (mg/l)	-	-	1.91-2.45 2.41-4.35 1.91-2.71	1.92-2.78 1.94-2.50 1.91-2.51
0.5 20 30	Toplam azot (µg/l)	-	-	410-450 269-430 224-229	246-960 230-1142 203-1131
0.5 20 30	Silikat (µg/l)	-	-	840-1450 1440-1790 1540-1960	549-1768 1150-1775 1265-1754
0.5 20 30	Klorofil-a (µg/l)	-	0.53-3.12 0.72-2.70 0.78-3.23	0.26-2.74 1.38-13.7 1.85-4.15	0.42-3.30 - -

Tablo 6. Sapanca gölünde daha önce yapılan çalışmalarla A [3] B [21] C [1] bu çalışmada (D) elde edilen sonuçların karşılaştırılması.

Birincil üretim sonuçları itibariyle gölün oligotrofik karakterde olduğu söylenebilir. Bazı mevsimlerde (Haziran ve Ocak 1992) oligotrof karakterden, mezotrof karaktere doğru geçiş gözlemlendi. Nitekim Haziran ayı ölçümünde toplam birincil üretim değeri $630 \text{ mgC/m}^2/\text{gün}$ olarak saptanmıştır. Ötrofik göller için $300-3000 \text{ mgC/m}^2/\text{gün}$ değeri dikkate alındığında [25] Sapanca gölünde toplam üretimin oldukça düşük değerlerde olduğu görülür. Burada yine ilginç nokta Ocak 1992 ayı birincil üretim değerlerinin ilkbahar mevsiminden fazla oluşudur. Bunun nedeninde klorofil-a' nın ölçümünde analitik bir hatadan veya hücre içindeki C:klo-a oranındaki artışından kaynaklanabilir.

Sapanca Gölü irdelenen parametrelerden; pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen, orto-fosfat, nitrat, iletkenlik, organik karbon ve inorganik karbon sonuçları itibariyle içme-kullanma ve su ürünleri üretimi açısından uygunluğunu sürdürmektedir. Ancak göl bölgesel konumu itibariyle birçok kirlenici unsurun etkisi altındadır. Göl çevresinde yerleşim alanlarının giderek çoğalması, sanayileşme, tarım, turistik amaçlı faaliyetler ve bunlara ek olarak önemli bir karayolunun çok yakından geçmesi kirlenici etkenler olarak yer almaktadır.

Sapanca gölünün kirlilik yükünü ve gölün özümleme kapasitesini saptamak birbirine bağımlı birçok parametrenin zaman ve bölgesel olarak izlenmesiyle gerçekleştirilebilir. Bunlar arasında göle ulaşan nehir, dere veya kanalizasyonların ölçüm ve analizi, su ve sedimanda bazı majör ve iz metallerin araştırılması, su ve sedimanda özellikle fosfor bütçesini, çevrimini ve etkileşimlerini incelemek gibi öneriler sayılabilir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. Tuğrul, S., Morkoç, E., And Çikoğlu, S., " Determination Of Limnological Characteristics Of The Sapanca Lake", First Technical Report, July-September. TUBITAK Marmara Scientific And Industrial Research Center, Chemical Engineering Research., 1989.
2. Başbakanlık Çevre Müsteşarlığı Sapanca 83 Sempozyumu, Ankara, 1984.
3. " Sapanca Gölü Kirlilik Araştırması ", Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü., Ankara, 1984.
4. Yalçın, N., Sevinç, V., " Sapanca Gölünün Çeşitli Kaynaklar ile N Ve P Yüklenmesi ", Türkiye' de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu I Bildiriler II. Cilt, B.Ü, 21-22 Mayıs İstanbul, 1991.
5. Erinçen, Z., Köksal, G., " İçsular Temel Bilimleri ", Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayınları., Ankara, 1981.
6. " Kurtboğazı Baraj Gölü Kirlilik Araştırması ", S.S.Y. Bakanlığı, Tarım Ve Orman Bakanlığı, Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara, 1983.
7. Morkoç, E., " Karbon-14 Tekniği Kullanarak Birincil Üretim Ve Sınırlayıcı Besin Elementlerinin Mevsimsel Değişiminin İzmit Körfezinde İncelenmesi Ve Çevresel Etkenlerle İlişkilerinin Araştırılması ", İ.Ü. Deniz Bilimleri Ve Coğrafya Enstitüsü (Doktora Tezi), İstanbul, 1991.
8. Stumn, W., And Morgan, J.J., " Aquatic Chemistry ", Chapter 4, Wiley, New York, 1981.

9. Uslu, O., Tükman, A., " Su Kirliliği Ve Kontrolü ", Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi 1 ", Ankara, 1987.
10. Okay, O., " İzmit Körfez Suyunda Besin Elementleri, Klorofil-a Ve TOK Dağılımı ", İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri Ve Coğrafya Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul, 1986.
11. TSE 266/Haziran, 1984.
12. Lee, G.F., " Role Of Phosphorus In Eutrophication And Diffuse Source Control " In Progress In Water Technology., Phosphorus In Fresh Water And The Marine Environment, Edited by Jenkins, S.H., And Ives,K.J., Volume 2, pp. 111-128, Pergamon Press, 1973.
13. Topacık, D., " Çevre Mikrobiyolojisi ", İ.T.Ü İnşaat Fakültesi, Ders Notları, İnşaat Fakültesi Matbaası, 1982.
14. Philips, J.E., In: Principles And Applications In Aquatic Microbiology, Heukelekian, H., And Dondero, M.C., Eds., Wiley, New York, 1964.
15. Karpuzcu, M., " Suların Besi Maddeleri (Azot-Fosfor) İle Kirlenmesi Ve Bir Matematik Model., İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi Teknik Rapor, No: 41, Haziran, 1982.
16. Yücel, G., Durusu,A., Ve Tabuman,C.F., " Isparta Ve Yöresindeki Göllerde Su Kalitesi Evsel Ve Endüstriyel Atıklarla ilgili Parametreler ", TÜBİTAK Çevre Araştırma Grubu, Proje No: ÇAĞ-47, Ankara , 1985.
17. Şengül, F., Topçu, N., Ve Yılmaz, Z., " İzmir Yöresindeki, Yüzeysel Sularda Deterjan Ve Fosfor Kirliliği ", Çevre' 86 Sempozyumu , E.Ü. Atatürk Kültür Merkezi, Haziran, 1986.

18. Arceivala, S.J., " Çevre Mühendisliğinde Ekoloji ", İ.T.Ü İnşaat Fakültesi, Ders Notları, İnşaat Fakültesi Matbaası, 1978.
19. Gargas, E., Nielsen, G.A., And Mortensen, S., The Belt Project, " Phytoplankton Production Chlorophyll-a And Nutrients In The Open Danish Waters ", 1975-77. The National Agency Of Environmental Protection, Denmark, December, 1978.
20. Güldede, N., Çungurlu, E., " Terkos Gölü Besi Maddesi Ve Göl Tepkisinin Araştırılması ", Doğa Turkish Journal Of Engineering And Environmental Sciences, 14. 50-60 (1990).
21. Yiğit, V., Müftügil, N., Özalp, N., Ergen, C., Arvas, H., Ve Yolcular, H., " Sapanca Gölünün Su Kirliliği Ve Besin Durumu Üzerinde Bir Araştırma ", TÜBİTAK - MBEAE, Beslenme Ve Gıda Teknolojisi, Haziran, 1984.
22. " Determination Of Oceanographic Charecteristics And Assimilation Capacity Of İzmit Bay " TÜBİTAK-MRI, Chem, Eng, Dept., Publ.No: 173, 1985.
23. " Technicon Autoanalyzer II, Low Lewel Multitest Cartridge For Water And Sea Water ", Industrial Method No: 158-71 W/A, June , 1977.
24. Numan, W., " Anadolunun Muhtelif Göllerinde Limnolojik Ve Balıkçılık İlmi Bakımından Araştırmalar Ve Bu Göllerde Yaşayan Sazanlar Hakkında Özel Bir Etüd " İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Hidrobiyoloji Araştırma Enstitüsü Yayınlarından Monografi, sayı:7, İstanbul, 1958.
25. Welch, E.B., And Lindell, T., " Ecological Effects Of Waste Water ", Cambridge Universty Press, 1980.
26. Buffle, J., " Complexation Reactions In Aquatic Systems An Analytical Approach ", British Library Cataloguing In Publication Data, 1988.

27. Yentsch, C. S. And Scagel, R. F., (1966), " Diurnal Study Of Phytoplankton Pigments, On In-Situ Study In East Sound ", Washington, Sears Fdtn: J. Of Mar. Res. 17. 567-584
28. Morkoç, E., " İzmit Körfezinde Verimlilik Çalışmaları ", İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri Ve Coğrafya Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 1984.
29. Ryther, J.H., and Yentsch, C.S., " The Estimation Of Phytoplankton Production In The Ocean from Chlorophyll and Light Data ", Limnological Oceanography, 228 -286, 1957.
30. Tuğrul, S., And Morkoç, E., " Determination Of Limnological Characteristics Of The Sapanca Lake ", Doğa, Turkish Journal Of Engineering And Environmental Sciences 15 (1991),265-282.
31. Longhurst, A.R., And Harrison, G. W., "The Biological Pump: Profiles Of Plankton Production And Consumption In The Upper Ocean", Prog. Oceanog. 22:47-123, 1989.
32. Dortch, Q., " The biochemical Composition Of Plankton In A Subsurface Chlorophyll Maximum ", Deep-Sea Research, 34, 705-712, 1987.
33. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Aylık Meteoroloji Bülteni, Ocak, Mart, Haziran, Eylül, 1990.
34. Okay, O., Morkoç, E., Ertürk, F., Tüfekçi, V., Egesel, L., Tüfekçi, H., Çikoğlu, S., Ve Armağan, Z., " Türkiye Yüzey Sularında Deterjan Kaynaklı Fosfat Araştırması", I. Ara Rapor, TÜBİTAK, Kimya Mühendisliği Bölümü Çevre Grubu, Ekim, 1991.
35. Carlson, R.E," A Trophic State Index For Lakes", Limnol. And Oceanog., 22, 361-369, 1977.

36. Çikoğlu, S., " Kara Kaynaklı Deterjan Yüklerinin Belirlenmesi Ve Sapanca Gölüne Uygulanması ", (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri Ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul, 1992.
37. Deterjanların Çevreye Etkileri ", TÜBİTAK Deniz Bilimleri Ve Çevre Araştırma Grubu, Mayıs 1987.
38. Baştürk, Ö., Tuğrul, S., Dumlu, G., Bozyap, A., İlhan, R., Morkoç, E., Küçükersoy, M., Sapmaz, K., Civanoglu, N., Ve Balkaş, T., " Van Gölü Özümseme Kapasitesinin Saptanması Ve Eysel Nitelikli Arıtım Ve Deşarj Optimizasyonu ", I. Gelişme Raporu, TÜBİTAK MBEAE Kimya Araştırma Bölümü Yayın No: 107 Eylül 1983.
39. Baştürk, Ö., İlhan, R., Dumlu, G., Bozyap, A., Morkoç, E., Kavaklı, M., Mutlu, H., Erbatuk, M., Ve Balkaş, T., " Van Gölü Özümseme Kapasitesinin Saptanması Ve Eysel Nitelikli Arıtım Ve Deşarj Optimizasyonu ", II. Gelişme Raporu, TÜBİTAK MBEAE Kimya Araştırma Bölümü, Yayın No: 111, Aralık, 1983.
40. Yoshimi, H., " Simultaneous Construction Of Single-Parameter And Multiparameter Trophic State Index ", Wat. Res., 21. 1505-1511 (1987).
41. " Türkiye'nin Çevre Sorunları ", Türkiye Çevre Sorunları Vakfı, 1981.
42. Erenler, E., " Göl Ve Deniz Sularının Fosfor Eliminasyonu İle Korunması ", Uluslararası Çevre Sorunları Sempozyumu, İstanbul Marmara Rotary Kulübü, İstanbul, 1991.
43. Köse (Bakan), G., "Göl Kirlenmesi", Çevre Ve Mühendis, Çevre Mühendisleri Derneği (ÇMD) Yayın Organı Yıl:2, Sayı:5, 1992.
44. Resmi Gazete, Sayı: 19919, Sayfa 39, 4 Eylül 1988.

45. Wilson, A.L., " Design Of Sampling Programmes " In Examination Of Water For Pollution Control, Volume I, pp, 23-78, Pergamon Press, 1982.
46. Su Ürünleri Mühendisliği Dergisi, Akdeniz Üniversitesi Matbaası, Cilt I, Sayı I, 1988.
47. Nutrient Control, Manuel Of Practice FD - 7 Facilities Design Water Pollution Control Federation, 1983.
48. Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, APHA-AWWA-WPCP, Publ., 16th, ed, pp, 1067-1074, 1985.
49. Hunt, D.T.F., And Wilson, A.L., " The Chemical Analysis Of Water General Principles And Techniques ", The Royal Society Of Chemistry, Burlington House, 683 pp, London, 1986.