



**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Termos Güç, Besi Mad. Küt. İnc. ve Uy. Bir Mod. Araşt.**

**Doktora Tezi**

**NİLÜFER GÖLDEDE**



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
KÜTÜPHANE DOKÜMANTASYON  
DAİRE BAŞKANLIĞI

Kot : R 210  
36  
Alındığı Yer : ...Fen. Bilimleri. Enst. ....  
Tarih : 20.03.1992  
Fatura :  
Fiyatı : 20.000.-TL  
Ayniyat No : 1/1  
Kayıt No : 48226  
UDC : 530  
Ek :





İÇİNDEKİLER

|                                                 | Sayfa |
|-------------------------------------------------|-------|
| TABLO LİSTESİ                                   | iii   |
| ŞEKİL LİSTESİ                                   | v     |
| ÖNSÖZ                                           | vii   |
| ÖZET                                            | viii  |
| SUMMARY                                         | x     |
| TERKOS GÖLÜNDE BESİ MADDESİ                     |       |
| KİRLENMESİNİN İNCELENMESİ                       |       |
| 1. GİRİŞ                                        | 1     |
| 1.1. KIRILMA NEDENİ                             | 1     |
| 1.2. KIRILMA NEDENİ                             | 4     |
| VE                                              |       |
| UYGUN BİR MODELİN ARAŞTIRILMASI                 |       |
| 2. BESİ MADDESİ KİRLİLMESİ VE BESİ MADDESİ YÜKÜ | 5     |
| 2.1. BESİ MADDESİ KİRLİLMESİ                    | 5     |
| 2.2. BESİ MADDESİ KİRLİLMESİ                    | 5     |
| 2.3. BESİ MADDESİ KİRLİLMESİ                    | 6     |
| 2.4. BESİ MADDESİ KİRLİLMESİ                    | 7     |
| 2.5. BESİ MADDESİ KİRLİLMESİ                    | 9     |
| 2.6. BESİ MADDESİ KİRLİLMESİ                    | 11    |
| 2.7. BESİ MADDESİ KİRLİLMESİ                    | 13    |
| 2.7.1. BESİ MADDESİ KİRLİLMESİ                  | 16    |
| 2.7.2. BESİ MADDESİ KİRLİLMESİ                  | 18    |
| 2.7.3. BESİ MADDESİ KİRLİLMESİ                  | 23    |
| 3. ÇALIŞMA YÖNTEMİ                              | 27    |
| 3.1. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ                          | 27    |
| 3.1.1. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ                        | 30    |
| 3.1.2. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ                        | 31    |
| 3.2. TERKOS GÖLÜNE BESİ MADDESİ YÜKLERİ         | 32    |
| 3.3. DENETİM YÖNTEMİ                            | 39    |
| 3.3.1. DENETİM YÖNTEMİ                          | 39    |
| 3.3.2. DENETİM YÖNTEMİ                          | 40    |
| 3.3.3. DENETİM YÖNTEMİ                          | 41    |
| 4. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA                  | 45    |
| 4.1. LİMONİYE GÖLÜ                              | 46    |



# İ Ç İ N D E K İ L E R

Sayfa

|                                                              |      |
|--------------------------------------------------------------|------|
| TABLO LİSTESİ                                                | iii  |
| ŞEKİL LİSTESİ                                                | v    |
| ÖNSÖZ                                                        | vii  |
| ÖZET                                                         | viii |
| SUMMARY                                                      | x    |
| 1. GİRİŞ                                                     | 1    |
| 1.1. KONUNUN ÖNEMİ                                           | 1    |
| 1.2. YAPILAN ÇALIŞMANIN KAPSAMI                              | 4    |
| 2. BESİ MADDESİ KİRLENMESİ VE BESİ MADDESİ YÜKÜ              | 5    |
| 2.1. KİRLENMEMİŞ DOĞAL SULAR                                 | 5    |
| 2.2. BESİ MADDELERİ                                          | 5    |
| 2.3. BESİ MADDESİ KULLANIMI                                  | 6    |
| 2.4. BESİ MADDESİ KİRLENMESİ (ÖTRÖFİKASYON)                  | 7    |
| 2.5. BESİ MADDESİ YÜKÜ                                       | 9    |
| 2.6. BESİN SEVİYESİ                                          | 11   |
| 2.7. BESİN SEVİYESİ PARAMETRELERİ                            | 15   |
| 2.7.1. Fiziksel Parametreler                                 | 16   |
| 2.7.2. Kimyasal Parametreler                                 | 18   |
| 2.7.3. Biyolojik Parametreler                                | 23   |
| 3. ÇALIŞMA YÖNTEMİ                                           | 27   |
| 3.1. ARAŞTIRMA SAHASININ TANITIMI                            | 27   |
| 3.1.1. Coğrafi Özellikler                                    | 30   |
| 3.1.2. Morfolojik ve Hidrolojik Özellikler                   | 31   |
| 3.2. TERKOS GÖLÜNE GELEN BESİ MADDESİ YÜKLERİ                | 32   |
| 3.3. DENEYSEL KISIM                                          | 39   |
| 3.3.1. İstasyon Seçimi ve Numune Alma                        | 39   |
| 3.3.2. Kullanılan Koruyucular ve Amaçları                    | 40   |
| 3.3.3. Su Örneklerinde Kullanılan Kimyasal Analiz Yöntemleri | 41   |
| 4. DENEY SONUÇLARIN İRDELENMESİ                              | 46   |
| 4.1. LİMNOLojİK KARAKTERİSTİKLER                             | 46   |



TABLO LİSTESİ

Sayfa

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1.1. Sıcaklık                                               | 46  |
| 4.1.2. Çözünmüş Oksijen                                       | 47  |
| 4.1.3. Secchi Derinlik ve Renk                                | 48  |
| 4.1.4. Alkalinite ve pH                                       | 48  |
| 4.1.5. İletkenlik ve Toplam Katı Madde                        | 49  |
| 4.2. BESİ MADDESİ DİNAMİĞİ                                    | 59  |
| 4.2.1. Fosfor                                                 | 59  |
| 4.2.2. Azot                                                   | 60  |
| 4.2.3. Organik Madde                                          | 62  |
| 4.2.4. Diğer Çözünmüş Maddeler                                | 64  |
| 4.3. BESİN SEVİYESİ KARAKTERİSTİKLERİ                         | 80  |
| 4.3.1. Klorofil-a                                             | 80  |
| 4.3.2. Birinci Kademe Üretim                                  | 81  |
| 4.4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ                     | 86  |
| 5. MODEL ÇALIŞMASI                                            | 92  |
| 5.1. GENEL                                                    | 92  |
| 5.2. GÖLLERE UYGULANAN MODELLER                               | 93  |
| 5.3. GÖLÜN ŞARTLARINA UYGUN MODEL SEÇİMİ                      | 96  |
| 5.3.1. Fosfor Bekleme Süresi Modeli                           | 97  |
| 5.3.2. Fosfor Bekleme Süresinin Hesaplanması                  | 98  |
| 5.3.3. Kararlı Fosfor Konsantrasyonunun İncelenmesi           | 101 |
| 5.3.4. Fosfor ve Hidrolik Bekleme Süreleri Arasındaki Bağıntı | 103 |
| 6. SONUÇLAR                                                   | 109 |
| KAYNAKLAR                                                     | 112 |
| ÖZGEÇMİŞ                                                      | 118 |



TABLO NO

TABLO LİSTESİ

Sayfa

TABLO NO

Sayfa

|         |                                                                                        |    |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2-1     | Çeşitli Metabolizma Faaliyeti İçin<br>Gerekli Eser Elementler                          | 22 |
| 3-1     | Terkos Gölü Hidrolojik ve Morfolojik<br>Karakteristikleri                              | 31 |
| 3-2     | Terkos Gölü Beslenme Havzası Toprak<br>Kullanımı                                       | 32 |
| 3-3     | Karamandere Yağış Alanı Dışındaki Bölgede<br>Toprak Kullanımı                          | 33 |
| 3-4     | Havzada Kullanılan Gübre Cinsleri ve<br>Miktarları                                     | 33 |
| 3-5     | Gübre Miktarlarına Bağlı Besi Maddesi<br>Karakteristikleri                             | 34 |
| 3-6     | Havzadaki Çiftlik Hayvanları Sayısı ve<br>Bunlara Bağlı Besi Maddesi Karakteristikleri | 35 |
| 3-7     | Orman ve Atmosfere Ait Besi Maddesi<br>Karakteristikleri                               | 36 |
| 3-8     | Karamandere İstasyonunda Ölçülen Debi<br>Değerleri ve Azot-Fosfor Konsantrasyonları    | 36 |
| 3-9     | Terkos Gölü 1984 Karakteristikleri                                                     | 39 |
| 3-10    | Terkos Gölü Hacim-Alan-Derinlik<br>Karakteristikleri                                   | 40 |
| 4-1     | Çözünmüş Oksijen Doygunluk Değerleri                                                   | 50 |
| 4-2     | Denge CO <sub>2</sub> Değerleri                                                        | 50 |
| 4-3     | Limnolojik Karakteristikler                                                            | 51 |
| 4-4     | Limnolojik Karakteristikler ve Organik<br>Madde Kollektif Parametreleri                | 52 |
| 4-5,4-6 | Sıcaklık ve Çözünmüş Oksijenin Derinlikle<br>Değişimi-Haziran, Ekim                    | 53 |
| 4-7     | Yüzey Suyu Fosfor Bileşiklerine Ait<br>Değerler                                        | 65 |



TABLO NO

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

|           |                                                                             |     |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4-8       | Yüzey Suyu Azot Bileşiklerine Ait Değerler                                  | 66  |
| 4-9, 4-10 | Fosfor ve Azot Bileşiklerinin Derinlikle Değişimi-Haziran, Ekim             | 67  |
| 4-11      | Yüzey Suyu Çözünmüş Madde Konsantrasyonları                                 | 68  |
| 4-12      | Klorofil-a Konsantrasyonları                                                | 83  |
| 4-13      | Brüt Fotosentez Değerleri                                                   | 83  |
| 4-14      | Net Fotosentez Değerleri                                                    | 83  |
| 4-15      | Terkos Göl Suyunun Ham Su Standartları İle Karşılaştırılması                | 88  |
| 4-16      | Terkos Göl Suyunun Yüzeysel Sulara Ait Karakteristiklerle Karşılaştırılması | 88  |
| 4-17      | Terkos Göl Suyunun Besin Seviyesi Karakteristikleriyle Karşılaştırılması    | 89  |
| 4-18      | Anorganik Azot/Çözünmüş Orto Fosfat Oranları                                | 89  |
| 4-19      | Terkos Gölü 1967-1968 Yıllarına Ait Karakteristikler                        | 90  |
| 4-20      | DSI İstasyonlarında Ölçülen Değerler                                        | 91  |
| 5-1       | Yükün Mevsimlik Dağılımına Bağlı Rp Değerleri                               | 103 |
| 5-2       | Deneyssel ve Hipotetik Relatif Bekleme Süreleri                             | 107 |
| 4-3       | Sıcaklığın derinlikle değişimi-Haziran                                      | 55  |
| 4-4       | Çözünmüş oksijenin derinlikle değişimi-Ekim                                 | 56  |
| 4-5       | Sıcaklığın derinlikle değişimi-Ekim                                         | 56  |
| 4-6       | İletkenlik ve Secchi derinliğinin zamanla değişimi                          | 57  |
| 4-7       | Alkalinite ve pH'nın zamanla değişimi                                       | 58  |
| 4-8       | Fosfor bileşiklerinin zamanla değişimi-1. İstasyon                          | 60  |



## ŞEKİL LİSTESİ

### ŞEKİL NO

### Sayfa

|      |                                                                               |    |
|------|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2-1  | Toplam fosfor yükü ve ortalama derinlik/<br>hidrolik bekleme süresi bağıntısı | 12 |
| 2-2  | Sularda verimliliğe etki eden faktörler                                       | 14 |
| 2-3  | Su yüzeyinde absorblanan güneş enerjisi<br>spektrumu                          | 16 |
| 2-4  | Eddy difüzyon modeli                                                          | 17 |
| 2-5  | Suyun tabakalaşma hareketi                                                    | 17 |
| 2-6  | Tabakalaşmış bir göldeki fosfor dinamiği                                      | 20 |
| 2-7  | Tabakalaşmış bir göldeki azot dinamiği                                        | 21 |
| 2-8  | Fotosentez ve ışık şiddeti profili                                            | 24 |
| 2-9  | Sirkülasyon hareketi                                                          | 25 |
| 2-10 | Metabolizma ve hücre bilişemi oranları                                        | 26 |
| 3-1  | Göl ve beslenme havzası                                                       | 29 |
| 3-2  | Terkos gölü hacim-alan-derinlik karakte-<br>ristikleri                        | 39 |
| 4-1  | Yüzey suyu sıcaklığı ve çözünmüş oksijenin<br>zamanla değişimi                | 54 |
| 4-2  | Çözünmüş oksijenin derinlikle değişimi-<br>Haziran                            | 55 |
| 4-3  | Sıcaklığın derinlikle değişimi-Haziran                                        | 55 |
| 4-4  | Çözünmüş oksijenin derinlikle değişimi-Ekim                                   | 56 |
| 4-5  | Sıcaklığın derinlikle değişimi-Ekim                                           | 56 |
| 4-6  | İletkenlik ve Secchi derinliğinin zamanla<br>değişimi                         | 57 |
| 4-7  | Alkalinite ve pH'nın zamanla değişimi                                         | 58 |
| 4-8  | Fosfor bileşiklerinin zamanla değişimi-<br>1.İstasyon                         | 69 |



ŞEKİL NO

Sayfa

|      |                                                                               |     |
|------|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4-9  | Fosfor bileşiklerinin zamanla değişimi-<br>2.İstasyon                         | 70  |
| 4-10 | Fosfor bileşiklerinin zamanla değişimi-<br>3.İstasyon                         | 71  |
| 4-11 | Çözünmüş orto fosfatın derinlikle değişimi-<br>Haziran                        | 72  |
| 4-12 | Toplam fosforun derinlikle değişimi-Haziran                                   | 72  |
| 4-13 | Çözünmüş orto fosfatın derinlikle değişimi-<br>Haziran                        | 73  |
| 4-14 | Toplam fosforun derinlikle değişimi-Ekim                                      | 73  |
| 4-15 | Azot bileşiklerinin zamanla değişimi-<br>1.İstasyon                           | 74  |
| 4-16 | Azot bileşiklerinin zamanla değişimi-<br>2.İstasyon                           | 75  |
| 4-17 | Azot bileşiklerinin zamanla değişimi-<br>3.İstasyon                           | 76  |
| 4-18 | Nitrat azotunun derinlikle Değişimi-<br>Haziran                               | 77  |
| 4-19 | Amonyak azotunun derinlikle değişimi-Haziran                                  | 77  |
| 4-20 | Nitrat azotunun derinlikle değişimi-Ekim                                      | 78  |
| 4-21 | Amonyak azotunun derinlikle değişimi-Ekim                                     | 78  |
| 4-22 | BOI ve KOI değerlerinin zamanla değişimi                                      | 79  |
| 4-23 | Klorofil-a konsantrasyonları                                                  | 84  |
| 4-24 | Çözünmüş Madde konsantrasyonları                                              | 84  |
| 4-25 | Brüt ve net fotosentez profilleri                                             | 85  |
| 4-26 | Anorganik azot/çözünmüş orto fosfat<br>oranları                               | 92  |
| 5-3  | $\sigma$ nın hipotetik değerleri için $R_p$ ve $R_{su}$<br>arasındaki bağıntı | 100 |
| 5-2  | Fosfor girişindeki bir azalmayı takiben göl<br>fosfor konsantrasyonu değişimi | 102 |
| 5-3  | Deneyssel ve hipotetik relatif bekleme süre-<br>leri arasındaki bağıntı       | 108 |



## Ö N S Ö Z

Bana bu tez çalışmasının ortamını sağlayan ve doktora yürütücülüğünü üstlenen Y.Ü.Fen-Ed.Fakültesi Kimya Bölümü Başkanı Doç.Dr.Esin Çurgunlu'ya teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Çalışmanın çeşitli aşamalarında öneri ve bilgilerinden yararlandığım Doç.Dr.Mehmet Karpuzcu'ya şükranlarımı ifade etmek isterim. Kendilerine burada minnet ve teşekkürlerimi sunmak vazifemdir.

Tez süresince gerekli yardım ve kolaylığı sağlayan Bölüm Başkanım Prof.Dr.Şevket Erk'e bilhassa teşekkürlerimi sunarım.

Araştırma sahasının özellikleri hakkında görüşlerini açıklayarak ilgi gösteren Doç.Dr.Doğan Kantarcı'ya, çalışmada önemli bir yeri olan Klorofil-a ve kuruağırlık tayinlerinin yapılmasında gereken malzeme ve alet teminine yardımcı olan Kim.Yük.Müh.Reha Duro'ya teşekkür ederim.

Vasıta temin ederek numune alınmasına olanak sağlayan ve gerekli bilgilerin temin edilmesinde kolaylık gösteren, DSİ 14.Bölge mensuplarına ve İSKİ Terkos Fabrikası görevlilerine teşekkür ederim.



## Ö Z E T

Bu çalışmada İstanbul'un su ihtiyacının bir kısmını karşılayan Terkos Gölünde besi maddesi kirlenmesi, ötröfikasyon incelenmiş ve kirlenmenin kontrolunda yararlanılacak bir model göle uygulanmıştır.

Terkos Gölü, maksimum depolama seviyesi olan 4,5 m derinlikteyken  $42 \text{ km}^2$  yüzey alanına ve  $206.10^3 \text{ m}^3$  hacme sahiptir. Göl beslenme havzası  $619 \text{ km}^2$ 'dir ve havzanın % 68,5'nu orman, % 19'unu tarım alanları oluşturmaktadır.

Havzadan göle gelen besi maddesi yükü hesaplanmış ve bu yükün su kalitesine ne şekilde yansıdığını araştırmak amacıyla gölden alınan su numunelerinde su kalitesi karakteristikleri incelenmiştir. Göllerde kirlenme meydana getiren maddelerden, üretici organizmalar için besi maddesi niteliğini taşıyan azot ve fosfor konsantrasyonları ile biyokütlenin ölçüsü olan klorofil-a konsantrasyonları ölçülmüş ve ötröfikasyon sınır değerlerinin üstünde bulunmuştur. Ayrıca, 1.kademe üretim ile göl mineralizasyon kapasitesi arasındaki doğal dengenin bozulduğu, üretimin arttığı görülmüştür. Bu ise dip çökeltisi üzerinde ayrıışmamış organik maddenin birikmesine ve dip çökeltisinin doğal yapısının bozulmasına sebep olmaktadır.

Terkos Gölünde büyümeyi sınırlayıcı elemanın fosfor olması, fosfor yüklerine önem kazandırmaktadır. Göle gelen fosfor yükünün, % 59,8'inin çiftlik hayvanlarından, % 5'nin orman alanlarından, % 5,25'nin fosseptik sisteminden, % 2'sinin tarım alanlarından geldiği ve göl müsaade edilen yükünün



7,2 katı olduğu bulunmuştur. Göle gelen fosforun, bekleme süresi hidrolik bekleme süresinden küçük olduğu için göl fosforu çökelti fazında birikmektedir. Bunun için "Fosfor Bekleme Süresi" modeli göle uygulanarak, çökeltme katsayısı hesaplanmıştır.

Hidrolik ve fosfor bekleme süreleri arasındaki bağıntı incelenerek "Fosfor Relatif Bekleme Süresi" modeli göle uygulanmıştır. Bu model yardımıyla göle ait hacim, debi, ortalama derinlik, yüzeysel fosfor yükü değerleri bilinirse, tayini zor ve masraflı fakat önemli bir parametre olan fosfor konsantrasyonu hesaplanabilecek ve kirlenmenin kontrolü yapılabilecektir.

Bugünkü haliyle ötrofik karakterde olan Terkos Gölünde, kirlenmenin önlenmesi için havzadaki faaliyetlerin yasal yollardan sınırlandırılması ve kontrolü öngörülmektedir.

Lake trophic response was measured by a variety of physical, chemical and biological parameters. Lake nutrient and phytoplankton concentrations from the water quality response characteristics were found above the autotrophic level values. In this primary productivity experiments, it was seen that the natural equilibrium between production and mineralization cycles was disturbed. The primary production has increased the mineralization.

Because of the key limiting element of the lake was phosphorus, by comparing hydraulic and phosphorus residence time it has been determined that phosphorus accumulates in the sediment phase. So, accordingly "Phosphorus Residence Time Model" was applied on the lake and sedimentation



## SUMMARY

Lake Terkos has a volume of about  $204 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  and a surface area of about  $42 \text{ km}^2$  at the max storage level 4,5 m while the mean depth is about 3,96 m.

The lake was examined for nutrient load and trophic response. Nutrient loading were estimated by the distribution of land use types in the watershed. It has been determined that the lake basin is composed mostly of forest, % 68,5 and agricultural, % 19 regions and that the phosphorus loading is distributed as follows: % 59,8 from manure, % 5 from forest, % 5,25 from septic tans, % 2 from fertile. The phosphorus loading was estimated 7,2 times greater than the lake permissible loading.

Lake trophic response was measured by a variety of physical, chemical and biological parameters. Lake nutrient and chlorophyll-a concentrations from the water quality response characteristics were found above the eutrophication limit values. In situ primary productivity experiments, it was seen that the natural equilibrium between production and mineralization capacity was disturbed. The primary production has increased the mineralization.

Because of the key limiting element of the lake was phosphorus, by comparing hydraulic and phosphorus residence time it has been determined that phosphorus accumulates in the sediment phase. So, accordingly "Phosphorus Residence Time Model" was applied on the lake and sedimentation



coefficient was established. After examining the relation between hydraulic and phosphorus residence time, the "Phosphorus Relative Residence Time Model" was applied for the lake. By using this model, it will be possible to calculate phosphorus concentration provided that the parameters like lake volume, average depth, in flow volume, phosphorus loading are all known.

In order to prevent eutrophication in Lake Terkos having an eutrophic character today, legal restriction on cultural activities with in basin area of the lake are proposed.



## BÖLÜM 1

### 1. GİRİŞ

#### 1.1. KONUNUN ÖNEMİ

Su hayatın temelidir. Yeryüzündeki sular, içsular ve denizler olmak üzere iki ayrı grupta toplanırlar. Denizler hem yer hem de zaman bakımından devamlılık gösterirken, iç sular çökelme, kayma gibi değişikliklerle zamanla kaybolurlar. Dolayısıyla bu sularda yaşayan canlılarda yok olurlar. Yeni oluşan su birikintilerinde yeni türler gelişir. Bu şekilde devamlı olarak değişen ortamlarda buralara uyum sağlayan canlı toplulukları yaşamlarını sürdürürler/1/.

Canlı topluluklar, karşılıklı etkileşim halinde bulundukları ortamlarıyla birlikte ekosistem oluştururlar. Her ekosistem, kendine özgü bir dinamiği kendi içinde sürekli ve dengeli olarak sürdürür. Ekosistemin unsurlarından herhangi birinde meydana gelen bir değişme ortamın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde değişmeye sebep olur. Canlı ve canlının çevreyle etkileşmesi karşılıklı olduğu için, ortam şartlarındaki bir değişme su hayatında değişmelere sebep olur/2,7,10/.

Suda serbest yaşayan hareketsiz veya az hareketli organizmalar olan planktonlar, sudaki organik maddenin hem üreticileri olan fitoplanktonları, hem tüketicileri olan zooplanktonları kapsar. Üretici olan fitoplanktonlar, sudaki karbondioksidi ve suyu, havayla su arasındaki reaksiyonlarda katalizör görevi yapan klorofilin yardımıyla, organik madde-



ye döndürterek, besin zincirini başlatırlar. Besin zincirinin akışı:

Güneş Enerjisi → Üretici Organizmalar → 1. Tüketiciler → 2. Tüketiciler şeklinde devam eder. Üretici ve tüketicilerin ölümlerinden sonra, bitkisel yaşamın temel birimi, ayrıştırıcı organizmalar olan bakteriler tarafından parçalanmasıyla besin zinciri tamamlanır. Tüketilen maddeler yeniden üretim için ekosisteme geri dönerler. Ortamdaki madde dolanımı ve enerji akışı hayatın devamlılığını sağlar. Bu ekosistemin doğal dengesinin korunması için zorunludur. Fonksiyonel işlevi bozulmayan ekosistemler doğal denge halindedir. Aksi halde ekosistemde bozulma şeklinde değişimler olur. Dolayısıyla suyun kalitesi bozulur, kullanma imkanları azalır, tasfiye maliyeti artar, suyun ömrü kısalır/1,2,7,10/.

Oysa, nüfus artışıyla birlikte artan tüketim maddeleri ihtiyacına paralel olarak, içme, kullanma ve endüstri suyu temini problemi ise su kaynaklarının korunması gereğini ortaya koymaktadır.

Yüzeysel su kaynaklarından olan göller, yerleşim merkezlerinin su ihtiyaçlarını karşılamada önemli bir yer tutarlar. Bu çalışma da kullanma suyu kaynağı olarak faydalanılan göle aittir.

Göllerde üretici organizmalar için besi maddesi niteliğini taşıyan maddelerin aşırı derecede çoğalması ve 1. kademe üretimin artması, besi maddesi kirlenmesi olan ötröfikasyona sebep olur. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik kompleks bir olay olan ötröfikasyon suyun doğal bir yaşlanma sürecidir ve insan faaliyetleriyle hızlandırılır. Kontrolü da besi maddesi girişinin sınırlandırılmasına dayanır. Çünkü su kalitesi besi maddesi miktarını minimumda tutmayı amaçlar. Göl ekosisteminde kirlenme şeklinde görülen bozulmalar ise ekolojik



yaklaşım ve incelemelerle çözülebilir/4,6/.

Su kaynağı havzasındaki faaliyetlerin su kalitesine tesirlerinin bilinmesi, mevcut kirlenmenin azaltılması ve yeni kirlenmelere engel olunması için, aynı zamanda kirlenmekte olan bölgelerin yeniden kazanılması için uygulanan yöntemlerin faydalı olup olmadığının kontrolunda faydalıdır. Hem sağlığa zarar vermeyecek içme ve kullanma suyunun temin edilmesi hem de su kaynaklarının korunması için çeşitli kirletici yüklerin su yatağında meydana getireceği tesirlerin önceden tahmin edilmesine yarayan matematik modellere ihtiyaç vardır/25,40/.

Göllerin denge halinde bozulma olmadan asimile edebilecekleri besin maddesi miktarı bellidir. Bu değer aşılsa ekosistemde bozulma şeklinde değişiklikler olur ve kirlenme sorunu ortaya çıkar. Bunun için göl ekosistemine olumsuz yönde etki yapabilecek ortam koşullarının tesbiti ve çevre faktörlerine fitoplanktonun büyüme tepkisinin araştırılması, su ortamının kullanma imkanlarının ve ekonomik değerlerinin saptanması yönünden önemlidir.

Ötröfikasyonun istenmeyen etkilerini kontrol etmek ve göllerde su kalitesini sürdürmek için bir fikir geliştirmek amacıyla, göllerin besin maddesi dengesi ile ilgili kantitatif bilgi gereklidir. Modeller, deneysel ve gözlemsel çalışmalarla üretilen hipotezi kontrol için düzenlenir; daha sonraki varsayımları oluşturmada ve geçmişteki verilerin incelenmesinde kullanılır. Modeller yardımıyla besin maddesinin kaynakları ve kayıpları arasındaki denge araştırılır, ekosistemdeki biyolojik değişimler incelenir/4,11,20,22,25/.



## 1.2. YAPILAN ÇALIŞMANIN KAPSAMI

İstanbul'un su ihtiyacının büyük bir kısmını karşılayan Terkos Gölü, çok derin olmaması, yayvan yapısı, geniş sahil şeridi ve yer yer göl içine kadar yayılan sazlık ve ağaçlıklarıyla morfometrik faktörler bakımından ötrofik özelliğe yakın gözükmemektedir. Göl havzasının büyük olması ise göle fazla miktarda besin maddesi yükü girmesine sebep olmaktadır. Bu yükün, su kalitesine ne şekilde yansıdığı ise belirsizdir.

Bu çalışmada Terkos Gölünde su kalitesinde bozulmaya sebep olan faktörlerin tesbitine çalışılmış, göle gelen besin maddesi yükü ve bu yüke gölün tepkisini gösteren su kalitesi karakteristikleri incelenerek gölün genel karakteri araştırılmış ve büyümeyi sınırlayıcı elemanın tesbitine çalışılmıştır.

Göllerde 1.kademe üretimi kontrol altında tutan sınırlayıcı elemanın göl suyu kimyasındaki yerini yansıtan uygun bir model araştırılmıştır. Uygulanan kütle korunumuna dayalı "Fosfor Bekleme Süresi Modeli" yardımıyla göl besin maddesi yükünde bir değişmeye karşılık gölün yeni bir denge durumuna nasıl ulaşacağı incelenmiş, hidrolik ve fosfor bekleme süreleri arasındaki bağıntı araştırılmıştır.

## 2.2. BESİN MADDELERİ



## BÖLÜM 2

### 2. BESİ MADDESİ KİRLENMESİ VE BESİ MADDESİ YÜKÜ

#### 2.1. KİRLENMEMİŞ DOĞAL SULAR

Doğal sular kimyasal karakteristiklerini hidrolik çevrimin çeşitli kısımlarında katı, sıvı ve gazların kimyasal reaksiyonları ile kazanırlar. Doğal sularda, yer kabuğundan, havadan, organizmaların metabolizmasından gelen çeşitli maddeler çözünmüş olarak bulunur. Bunlar  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $H^+$ ,  $S^{=}$ ,  $Cl^-$  gibi oldukça fazla miktarda bulunan major elementler, azot, fosfor, silisyum gibi oldukça az miktarda bulunan minor elementler, demir, bakır, kobalt, molibden, mangan, çinko, bor, vanadyum gibi eser elementler, oksijen, karbondioksit, azot, hidrojen, metan gibi gazlar, organik bileşikler ve vitaminlerdir.

Doğal sulardaki dağılma fazları ise metal oksitler, hidroksitler, metal karbonatlar, kum, kil gibi anorganik kolloidler, plankton ve bakteri gibi canlı organizmaların teşkil ettiği organik kolloidlerdir/4,6,7,8/.

#### 2.2. BESİ MADDELERİ

Ototrof organizmalar sadece suda çözünmüş maddeleri kullanırlar. Organizmaların kullandıkları, bünyelerini yenilemek ve metabolizma faaliyetlerini sürdürebilmek için gerekli kimyasal maddelere "Besî Maddesi" denir. Polarite ve yüksek dielektrik sabiti gibi özellikleri, suyun iyonlaşabilen bileşiklerin çoğu için iyi bir çözücü olmasını sağlar ve büy-



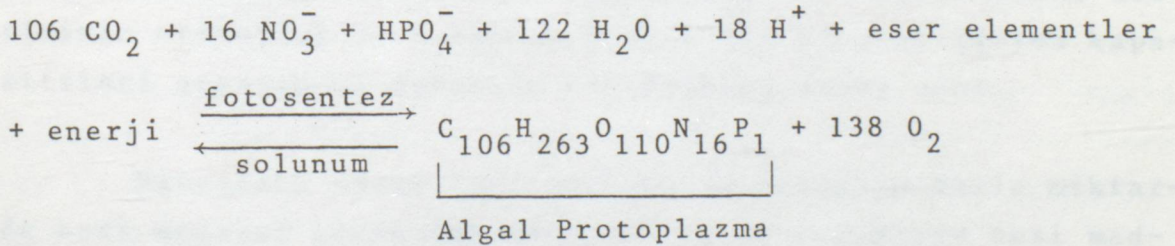
lece su canlı organizmalara besi maddesinin nakli için en uygun ortamı oluşturur. Besi maddeleri: azot, fosfor, karbon, hidrojen, oksijen, kükürt, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve eser elementlerdir. Besi maddesi organizmanın bu besi maddesine ihtiyacı oranında organizma tarafından tüketilir ve büyüme, ihtiyaç duyulan mevcut en az miktardaki madde ile sınırlanmıştır. Bu Liebig'in minimumlar kanunu olarak bilinir/2,7/.

### 2.3. BESİ MADDESİ KULLANIMI

Organizma ve onun çevreyle etkileşmesi karşılıklıdır. Organizma metabolik depolama ve boşaltım yoluyla sudaki besi maddesi ve diğer maddelerin konsantrasyonlarını değiştirerek çevresini etkiler. Bu etkileşme iki aşamalı bir çevrim sürecindedir:

Sudaki besi maddelerinin, özellikle azot ve fosforun, organizmanın ihtiyacı oranında sentez edilmesi ile organizmanın boşaltım maddesi ve parçalanma ürünü olarak, elementin tekrar suya geri dönmesidir. Bu çevrim organizmanın yenilenmesini sağlar.

Göllerde algal besi maddelerinin çevrimini kapsayan bu özellikler, algal biyokütlenin ilk bileşimi ile tayin edilir. Bu aynı zamanda ekosistemlerde dinamik dengeyi sağlayan fotosentez ve solunum olayının esasını teşkil eder.



106 C:16 N:1 P stokiyometrik oranı, ısı ve ışık gibi faktör-



lerin uygun olduğu durumlarda algal büyümeyi kontrol eden elemanların azot veya fosfor olduğunu gösterir.

Gölllerdeki major element ve bileşikler organizma türlerini belirler, minor element ve bileşikler organizmaların relatif sayılarını sınırlarken azot ve fosfor büyümeyi kontrol eder.

N/P oranı su ortamının bir fonksiyonudur. Sudaki azot ve fosfor miktarından çok su ortamındaki bitkiler tarafından kullanılabilirlik şekilleri önemlidir. Bu şekiller fosfor için çözülmüş orto fosfat, azot için amonyak, nitrit ve nitrattır. N/P stokiometrik oranı olarak 16/1, plankton tarafından her 1 g. fosfora karşılık 7-8 g. azot kullanıldığı için kütleler oranı olarak 7/1 dir. Bu oran yediden büyükse sınırlayıcı eleman fosfor, küçükse azottur/4,6,10/.

#### 2.4. BESİ MADDESİ KİRLENMESİ (ÖTRÖFİKASYON)

Ototrof organizmalar ışık alan üst tabakalarda suda erimiş halde bulunan besin maddelerini kullanırken ışık olmayan dip tabakalarda batan organik maddeler heterotrof organizmalar için besin teşkil ederler ve biyokimyasal olarak parçalanırlar. Yüzeyde fotosentezle solunumun eşit olması halinde, organik maddenin üretilmesi ve tüketilmesi aynı hızla oluyor demektir ve göl ekosisteminin 1.kademe üretimi ile mineralizasyon kapasitesi arasında denge var demektir. Su yatağının besin maddesi yönünden zenginleşmesi, organik madde üretiminin artmasına ve 1.kademe üretim ile mineralizasyon kapasiteleri arasındaki dengenin bozulmasına sebep olur.

Havzadaki insan faaliyetleri su yatağına fazla miktarda besin maddesi girmesine sebep olur, su yatağının besin maddesi yönünden zenginleşmesi hızlandırılır. Mineralizasyon kapasitesinde bir artış olmadan 1.kademe üretim artar. Göl dip



çökeltisi üzerinde çok miktarda parçalanmamış organik madde birikir. Düşük ısıdaki çamurda parçalanma organik madde birikiminden daha yavaş olduğu için zamanla biriken organik madde miktarı artar. Göllerde artan besi maddesinin sebep olduğu bu şekildeki su kalitesi bozulmasına "Besi Maddesi Kirlenmesi-Ötröfikasyon" denir/4,5,6/.

Başlangıç durumunda, ötröfikasyon suyun verimliliğini artırdığı için bazı göllerde istenirse de ilerleyen durumlarda, besi maddesi miktarının artmasıyla planktonik algler hızla ve büyük ölçüde gelişir. Bazı durumlarda çoğalan algler bütün su yüzeyini kaplar.

Ortam, içindeki organizmaların yaşam şartlarını belirler. Fizyolojik aktivite, fiziksel ve kimyasal tüm dış faktörlerin minimum bir seviyesinden başlar, optimuma erişir, maksimuma yükselir ve sifıra düşer. Ortamda bir tür çoğalırken, ortamın o tür için optimum şartları bozulur, diğer bir tür için uygun şartlar oluşur. Ortamın şartlarındaki ve besi maddesi miktarındaki bir değişme, tür sayısında azalma olmadan türün değişmesine sebep olur. Ancak türlerde değişme, artan besi maddesi miktarıyla birlikte istenmeyen türlere doğru kayar/1,3,6/.

Zamanla dip çökeltisi-su fazında anaerobik şartlar oluşur. Birikim fazı olan çökeltiden suya bırakılan element ve bileşiklerin miktarında artma olur. Göl hızlandırılmış ötröfikasyon şartlarına ulaşır/4,5/.

Su kalitesindeki bozulmanın en açık belirtileri rengin değişmesi, koku oluşması, görüş mesafesinin azalması ve litoral bölgede suda yüzen veya dip ile temasta olan bitki türleri olan "macrophyt"ların gelişmesidir.

Temiz sular ışığın giriş derinliği fazla olduğu için



koyu renk, bulanık sular kırılma mesafesinin az olması sebebiyle açık renk, çürümüş fundaların fazla olduğu sular sarı-kahverengi görünürler. Sığ göllerde ise dip faunası ve çevrenin rengi, suyun renginin farklı görülmesine sebep olur. Fazla plankton ihtiva eden sular yeşil-kahve rengi, canlı organizmaların az olduğu sular mavi görünürler.

Koku, çoğalan mikroorganizmaların metabolizma faaliyeti, hücre parçalanması ve organik maddenin ayrışmasıyla oluşur/1,6/.

## 2.5. BESİ MADDESİ YÜKÜ

Göllerde, birim zamanda su yatağına giren besi maddesi miktarına "Besi Maddesi Yüğü" denir. Göle besi maddesinin girişı çeşitli kaynaklardan olur.

1- Nokta Kaynaklar: Besi maddesi miktarının doğrudan ölçülebildiğı, kanalizasyon çıkışı gibi, kontrol edilebilen kaynaklardır.

2- Dağınık Kaynaklar: Besi maddesi miktarının doğrudan ölçülemediğı, kontrol edilmesi zor olan tarım alanı yüzey suları gibi kaynaklardır.

Yüzey suları, yağmur ve rüzgar besi maddesinin taşıyıcı vektörleridir.

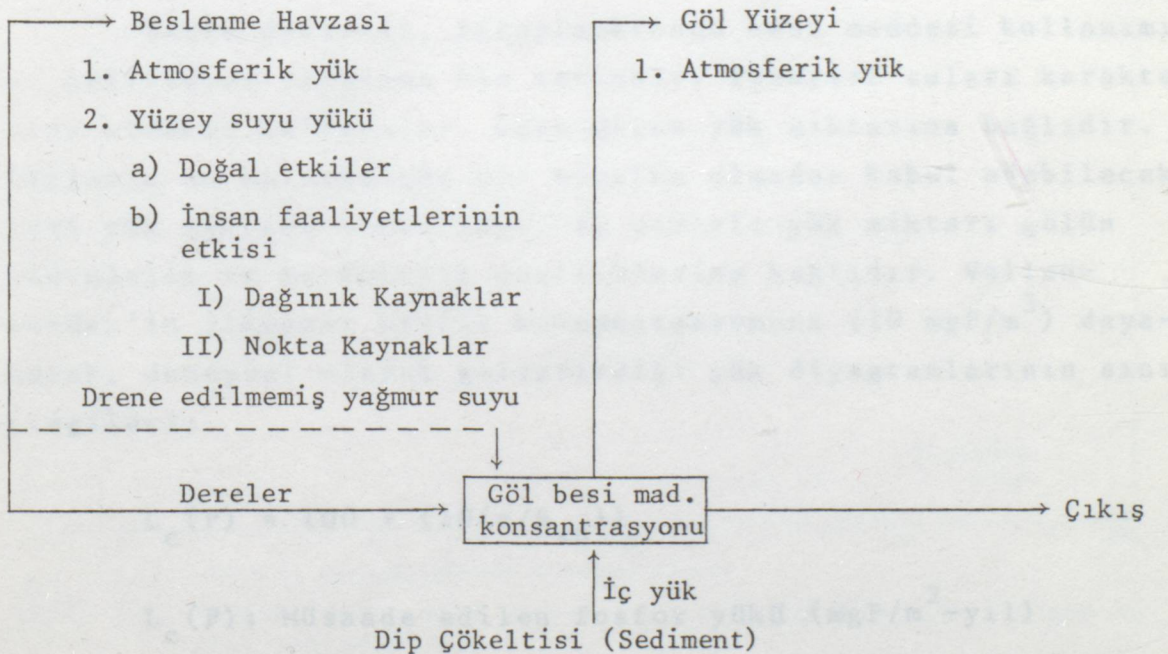
Beslenme Havzasının sızıntı ve yüzey suları, göllerdeki azot ve fosforun en önemli kaynağıdır. Suni gübreyle gübrelenmiş toprak, doğal bitki örtüsü altındaki topraktan daha fazla besi maddesi potansiyeline sahiptir. Yığın halindeki hayvan gübresi toprağın üstüne yayılmadıkça ve suyla yıkanmadıkça önemli bir kirlletici sorun yaratmaz. Donmamış toprakta ki hayvan gübresinden toprakla birleştiğı için donmuş toprağa



göre daha az kirletici etki gelir. Aşınmış toprak sedimenti birim kütleğinde toprak yüzeyinde kalan kısmındakinden daha fazla besi maddesi ihtiva eder. Fosfor ve azot, hem toprak hem su ortamı için besi maddesidir. Nitrat ve amonyak, toprak sisteminde hareketli oldukları için sızıntı sularıyla taşınırlar. Yüzey sularıyla taşınan besi maddesi miktarı gübrelemenin hemen ardından gelen yağışlarda fazladır. Yüzey sularının taşıdığı besi maddesi miktarı yağışın başlangıcında yüksektir, giderek azalır.

Göl tabanı havzanın orjinal şeklinin bir fonksiyonudur. Havzanın eğimi azsa yağmur suyu toprakla fazla temas ederek daha büyük miktarlarda madde çözer. Dik bir eğim temas süresini kısaltır, yağmur suyu göle daha çabuk ulaşır fakat akış hızı arttığı için daha çok miktarlarda sediment taşınması olur/5,20/.

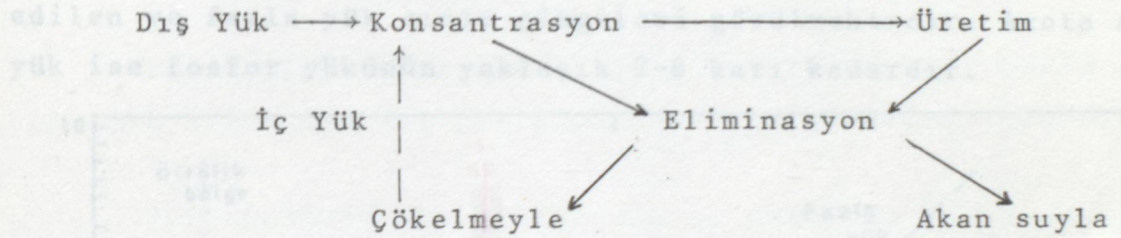
Göl yüzeyine gelen, yağmur ve kar suları, çiçek tozları, endüstri tesislerinden yollardan rüzgarla taşınan tozlar atmosferik yükü oluşturur. Aşağıda, göle beslenme havzasından ve doğrudan göl yüzeyine gelen yükler gösterilmiştir/11/.





İç yük, dip çökeltisinden tekrar suya geçen maddelerden oluşur. Doğal su yataklarının dip çökelttilerinde iki kısım vardır. Üstteki tabaka veya aktif birikim bölgesi, suyla temasın ve karşılıklı değişimin olduğu bölgedir. Alttaki tabaka ise, artık karışımın ve değişimin olmadığı bölgedir/43/.

Elementlerin su kimyasındaki yerlerine göre, besin maddeleri su veya çökelti fazında birikirler. Çökeltiden tekrar suya geçen miktar ilerlemiş ötröfikasyon durumlarında önemlidir. Genellikle çökelti, birikim fazıdır. Göle çevreden gelen dış yük, bazı durumlarda iç yüklerle beraber göl besin maddesi konsantrasyonunu, dolayısıyla üretimi etkiler. Bu durum aşağıda şematik olarak gösterilmiştir/11/.



## 2.6. BESİN SEVİYESİ

Besin Seviyesi, fitoplanktonun besin maddesi kullanımını belirleyen referans bir terimdir. Yüzeysel suları karakterize etmekte kullanılır. Göle gelen yük miktarına bağlıdır. Göllerin su kalitesinde bir bozulma olmadan kabul edebilecekleri yük miktarı sınırlıdır. Bu sınırlı yük miktarı gölün hidrolojik ve morfolojik özelliklerine bağlıdır. Vollenweider'in ilkbahar kritik konsantrasyonuna ( $10 \text{ mgP/m}^3$ ) dayanarak, deneysel olarak geliştirdiği yük diyagramlarının sınır çizgileri:

$$L_c(P) = 100 + (10(z/R_{su}))$$

$$L_c(P): \text{Müsaade edilen fosfor yükü (mgP/m}^2\text{-yıl)}$$



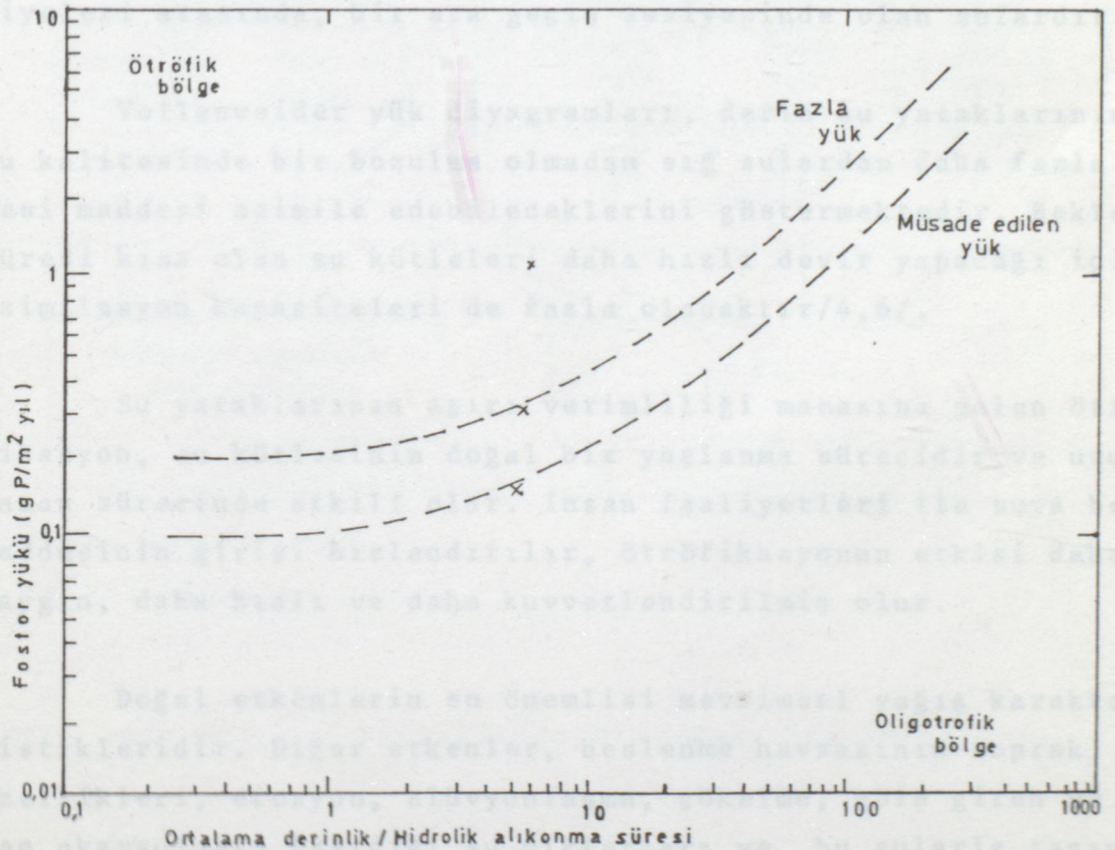
$z$  : Ortalama derinlik (m)

$R_{su}$  : Hidrolik bekleme süresi (yıl)

Fazla yük  $L(P)$  ise müsaade edilen yükün iki katı olarak alınır:

$$L(P) = 200 + (20(z/R_{su}))$$

Bu sınır çizgileri çok kesin olmamakla beraber göllerin besin seviyelerini belirler. Genellikle, göllerde büyümeyi sınırlayıcı eleman fosfordur ve fosfor yükünün kontrolü hem ekonomik hem teknik bakımdan daha kolaydır. Bunun için su kalitesi kontrolunda fosfor yükünün kontrolu ve fosfora ait yük değerleri önem kazanır. Şekil 2-1'de fosfora ait müsaade edilen ve fazla yük sınır çizgileri görülmektedir. Azota ait yük ise fosfor yükünün yaklaşık 7-8 katı kadardır.



ŞEKİL 2-1. Toplam fosfor yükü ve ortalama derinlik/hidrolik besleme süresi bağıntısı/6/.



$L_c(P)$  değerinin altında yük alan sular oligotrofik,  
 $L(P)$  " üstünde " ötrofik,  
 $L(P)$  ve  $L_c(P)$  arasında mezotrofik

sayılırlar.

Oligotrofik sular, organik verimliliği az olan, genellikle derin su yataklarıdır. 1.kademe üretim ile mineralizasyon arasındaki denge bozulmamıştır.

Ötrofik sular, organik verimliliği fazla olan, genellikle sığ yataklardır. 1.kademe üretim ile mineralizasyon arasındaki denge bozulmuştur. Parçalanmamış organik madde dip çökeltisinde birikir.

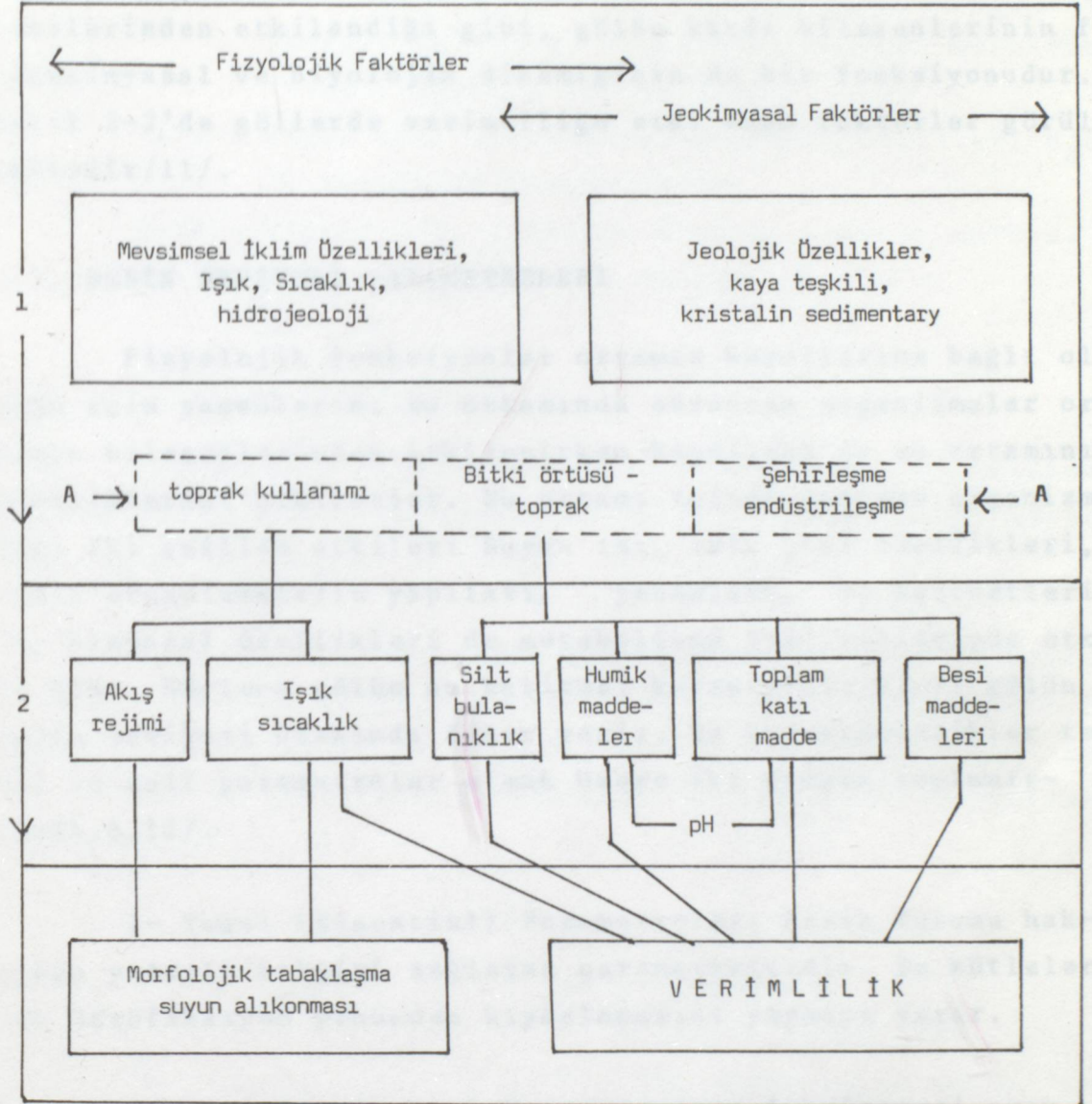
Mezotrofik sular ise ötrofik ve oligotrofik besin seviyeleri arasında, bir ara geçiş seviyesinde olan sulardır.

Vollenweider yük diyagramları, derin su yataklarının su kalitesinde bir bozulma olmadan sığ sulardan daha fazla besi maddesi asimile edebileceklerini göstermektedir. Bekleme süresi kısa olan su kütleleri daha hızlı devir yapacağı için asimilasyon kapasiteleri de fazla olacaktır/4,6/.

Su yataklarının aşırı verimliliği manasına gelen ötröfikasyon, su kütlesinin doğal bir yaşlanma sürecidir ve uzun zaman sürecinde etkili olur. İnsan faaliyetleri ile suya besi maddesinin girişi hızlandırılır, ötröfikasyonun etkisi daha yaygın, daha hızlı ve daha kuvvetlendirilmiş olur.

Doğal etkenlerin en önemlisi mevsimsel yağış karakteristikleridir. Diğer etkenler, beslenme havzasının toprak özellikleri, erozyon, alüvyonlaşma, çökelme, göle giren ve çıkan akarsuların taşıdığı su miktarları ve bu sularla taşınan besi maddeleridir. İnsan faaliyetleri ise tarım, çiftçilik ve





1 Havza Özellikleri

2 Su Özellikleri

A İnsan Faaliyetleri

ŞEKİL 2-2. Sularda Verimliliğe Etki Eden Faktörler/11/.



sanayileşmenin getirdiği atıklardır.

Verimlilik, beslenme havzasının fizikokimyasal komplekslerinden etkilendiği gibi, gölün kendi bileşenlerinin fizikokimyasal ve biyolojik dinamiğinin de bir fonksiyonudur. Şekil 2-2'de göllerde verimliliğe etki eden faktörler görülmektedir/11/.

## 2.7. BESİN SEVİYESİ PARAMETRELERİ

Fizyolojik fonksiyonlar ortamın koşullarına bağlı olduğu için yaşamlarını su ortamında sürdüren organizmalar ortamın bileşenlerinden etkilenirken kendileri de su ortamının özelliklerini etkilerler. Su ortamı içinde yaşayan organizmaları iki şekilde etkiler: Suyun ısı, ışık gibi özellikleri, canlı organizmaların yapıları, yaşamları, ve hareketleri de, kimyasal özellikleri de metabolizma faaliyetlerinde etkili olur. Böylece gölün su kalitesi karakteristikleri gölün besin seviyesi hakkında fikir verir. Bu karakteristikler temel ve tali parametreler olmak üzere iki grupta toplanırlar/4,6,11/.

1- Temel (Essential) Parametreler: Besin durumu hakkında yeterli bilgiyi sağlayan parametrelerdir. Su kütlelerinin ötröfikasyon yönünden kıyaslamasını yapmaya yarar.

2- Tali (Desirable) Parametreler: İncelenmesi arzu edilen, ölçülmesinde fayda olan parametrelerdir. Geniş kapsamlı araştırmalarda kullanılır.

Bu parametreler aşağıda gösterilmiştir:

### 1) Fiziksel Parametreler

Temel: Sıcaklık, İletkenlik, Işık geçirgenliği, Renk, Toplam Radyasyon.



Tali : Bulanıklık

2) Kimyasal Parametreler.

Temel: pH, çözülmüş oksijen, fosfor, azot,  $\text{SiO}_2$ , alkalinite, kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum, sülfat, klorür, toplam demir.

Tali : Diğer eser elementler, mikrokirleticiler,  $\text{H}_2\text{S}$ .

3) Biyolojik Parametreler

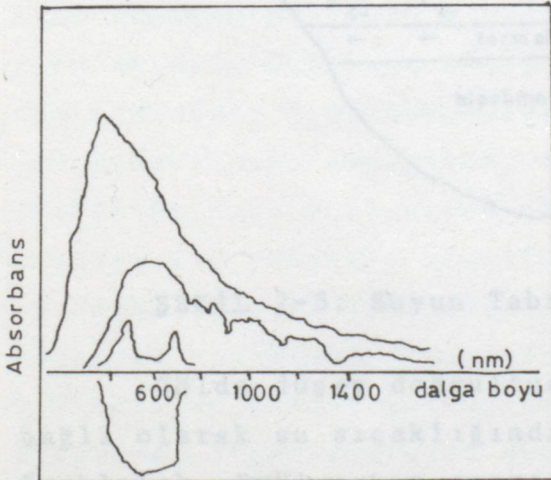
Temel: Klorofil-a, 1.kademe üretim, organik karbon.

Tali : Fito ve zooplankton türlerinin sayımı.

#### 2.7.1. Fiziksel Parametreler

Suyun optik özellikleri, yansıma, kırılma ve ekstinksiyon, gölün günlük ve mevsimlik ısısını, su içindeki görme uzaklığını ve rengini etkiler.

Suda absorblanan ışık, sudaki canlılar için en önemli düzenleyici olan ısıyı oluşturur. Su yüzeyine gelen ışığın çok sınırlı bir kısmı su ve klorofil tarafından absorblanır. Şekil 2-3'de su yüzeyinde absorblanan güneş enerjisi spektrumu görülmektedir/1,7/.



A: atmosferde

B: yer kabuğunda

C: klorofil hücrelerinde

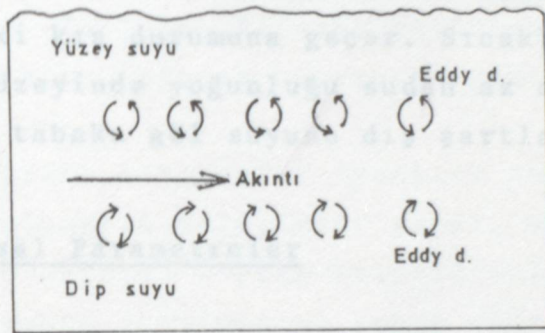
D: suda absorblanan güneş enerjisi spektrumu

ŞEKİL 2-3. Absorblanan güneş enerjisi spektrumu/7/

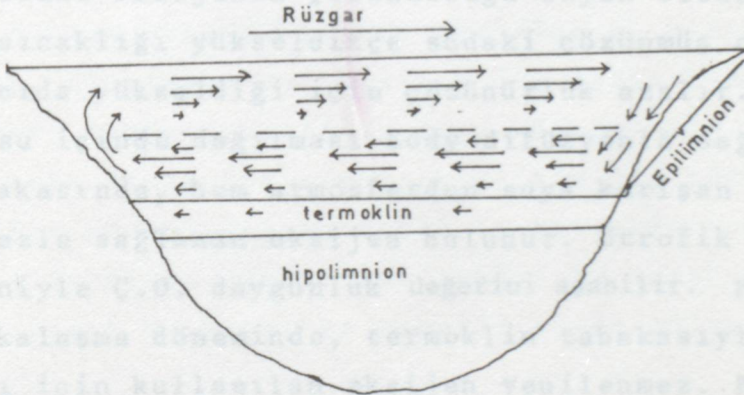
Göl içinde ısı dağılımında rüzgarların da etkisi vardır. Rüzgar su yüzeyinde, akıntıları oluşturur. Hareket eden



su kütlesi kıyıda daha soğuk ve daha ağır olan suyun direnciyle karşılaşır. Yüzeyin altındaki tabakada ters yönde bir akıntı oluşur. Böylece Eddy difüzyonu adı verilen olay görülür. Bu durum suyun düşey doğrultuda yer değiştirmesine ve dolayısıyla suyun karışmasına sebep olur. Yer değiştiren su, ısının taşınmasına ve göl suyunun zemine doğru sıcaklığının yükselmesini sağlar. Bu durumlar mevsimlere göre değişir (Şekil 2-4, 2-5)/1,9/.



ŞEKİL 2-4. Eddy Difüzyon Modeli/9/



ŞEKİL 2-5. Suyun Tabakalaşma Hareketi/9/

Gölde düşey doğrultuda, ışığın su içinde dağılışına bağlı olarak su sıcaklığında belirli bir derinliğe kadar bir farklılık görülmezken sonra sıcaklıkta hızlı bir azalma olmakta ve derinlere doğru yine yavaş bir değişim görülmektedir. Böylece gölde birbirinden farklı üç ayrı tabaka bulunur. Bunlardan en üstte bulunan tabakaya epilimnion, en alt tabakaya hipolimnion, ortadaki tabakaya ise metalimnion veya termoklin



adı verilir (Şekil 2-5). Çeşitli yönlerde kaymalar olmakla beraber ilkbaharda başlayan tabakalaşma, sonbahara kadar devam eder. Düşük sıcaklıklardaki belirli sıcaklık farkının stabilitesi, yüksek sıcaklıklardaki aynı sıcaklık farkına göre daha zayıftır. Bu nedenle ilkbahardaki tabakalaşma daha çabuk bozulur.

Göllerde  $+4^{\circ}\text{C}$  ye soğuyan su gölün dibine doğru iner, onun yerini daha hafif ve daha sıcak olan su alır, göl karışım halindeki kış durumuna geçer. Sıcaklık  $+4^{\circ}\text{C}$ 'nin altına düşünce su yüzeyinde yoğunluğu sudan az olan buz tabakası oluşur ve bu tabaka göl suyunu dış şartlardan korur/1/.

## 2.7.2. Kimyasal Parametreler

### 2.7.2.1. Çözünmüş Oksijen

Sudaki oksijenin çözünürlüğü suyun sıcaklığına bağlıdır. Su sıcaklığı yükseldikçe sudaki çözünmüş oksijenin kısmî basıncıda yükseldiği için çözünürlük azalır. Çözünmüş oksijenin su içinde dağılması Eddy difüzyonla sağlanır. Epilimnion tabakasında, hem atmosferden suya karışan oksijen hem de fotosentezle sağlanan oksijen bulunur. Ötrofik göllerde üretim nedeniyle Ç.O. doygunluk değerini aşabilir. Hipolimnionda ise tabakalaşma döneminde, termoklin tabakasıyla atmosferden ayrıldığı için kullanılan oksijen yenilenmez. Epilimnionda gelişen alg çökerek, hipolimnionda ayrışırken dip sularındaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu azalır. Dolayısıyla ötrofik göllerin hipolimnion tabakasında oksijen azalması görülür/1, 4/. Oksijen harcanması mineralizasyonun yanında anorgankindirgenme, organizmaların oksijen ihtiyacı oksitlenebilen madde miktarına da bağlıdır. Organik madde miktarı özellikle oligotrofik göllerde suda yaşayan toplulukların aktivitesinden bağımsızken, dinamik ekosistemlerde ötrofikasyonun derecesine



göre önce heterotrofik organizmalarla, daha sonra fitoplanktonlarla artar/21/.

#### 2.7.2.2. Fosfor

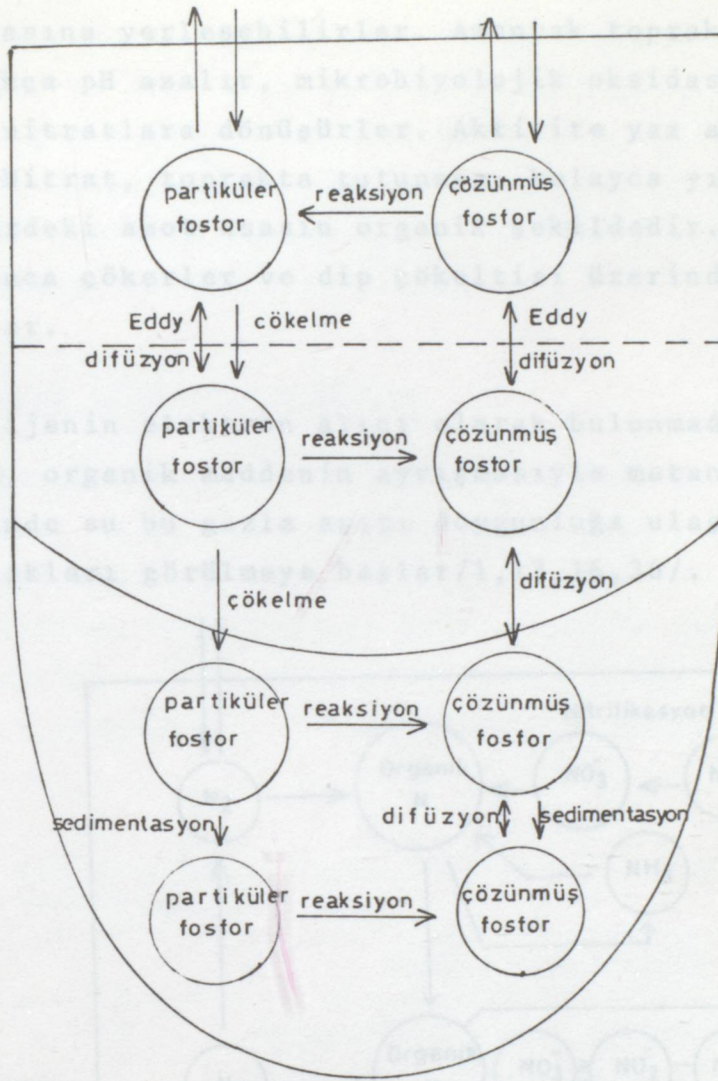
Yüzey suları ile göle taşınan fosfor, topraktaki fosfor kimyası ile ilgilidir. Topraktaki fosfor hem organik hem anorganik şekilde olabilir. Bütün organik fosforun kaynağı bitki ve hayvan artıklarıdır. Anorganik fosforun kaynağı ise minerallerdir. Toprağa çözünmüş fosforun girişi ise suni gübreler, bitki artıkları ve hayvansal gübreler yoluyla olur.

Topraktaki ortofosfat iyonları topraktaki kolloidlerle birleşir, çözünmeyen bileşikler yapar, mineral yüzeylerinde absorblanır. Fosforun toprak kolloidleriyle olan reaksiyonu fosforun toprakta tutulmasına sebep olur/10,14,15/.

Topraküstü maddelerle göle taşınan süspansiyon halindeki fosfordan organik fosfor parçalanır, anorganik fosfor ise demir, alüminyum ve kalsiyum ile bağlı kompleks yapıdadır. Sudaki fosfor, kalsiyum veya alüminyumla birleşik olarak çöker veya ölmüş hücrelerle birlikte dip çöktirtilisinde birikir. Fosfat anyonlarının, metal iyonlarıyla kompleks teşkilinin metal iyonları dağılımına etkisi az ancak fosfor dağılımında fazladır ve kompleks teşkili suyun pH'sına bağlıdır/10, 24/.

Sudaki fosfor çözünmüş ve partiküler şekilde olabilir. Bu iki şekil arasında dönüşümü kapsayan işlemler, oksidasyon, çökmüş organik maddenin kimyasal ve biyolojik parçalanması, anorganik maddelerle birleşmiş haldeki maddenin oksidasyonu ve redüksiyonu ile fizikokimyasal absorpsiyondur. Şekil 2-6'-da tabakalaşmış bir göldeki fosfor dinamiği görülmektedir/17/.





ŞEKİL 2-6. Tabakalaşmış bir göldeki fosfor dinamiği/17/

#### 2.7.2.3. Azot

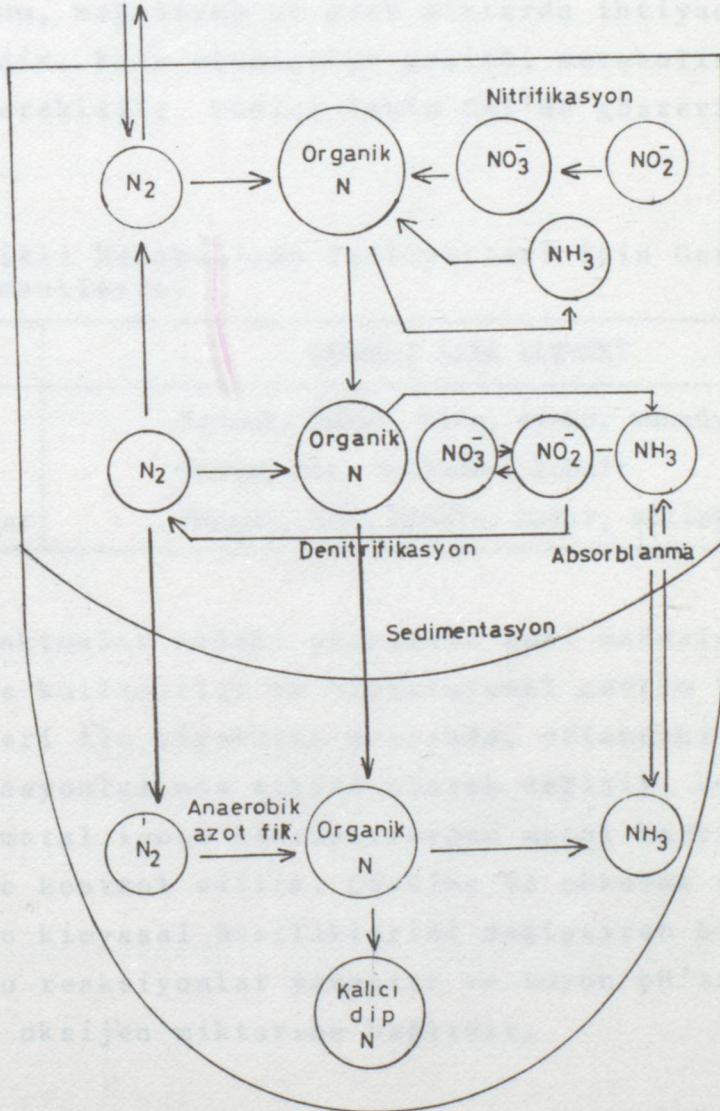
Kırsal alanlardan göllere gelen besin maddelerinin çoğu suda çözülmüş haldedir. Bazı maddeler de askıda partiküler madde olarak sulara taşınırlar ve sonra eriyebilen şekillere dönüşürler.

Toprak yüzeyinde azot türleri kolay çözünen şekillerdedir. Yağmur suyuyla çözünerek, toprağa taşınırlar. Toprakta amonyak konsantrasyonu yüksektir ve amonyum iyonları iyon değişimi ile toprağa bağlanabilir, bir kısmı da mineral kil ka-



fesleri arasına yerleşebilirler. Amonyak topraktan dışarı doğru uçtukça pH azalır, mikrobiyolojik oksidasyonla azot bileşikleri nitratlara dönüşürler. Aktivite yaz aylarında daha hızlıdır. Nitrat, toprakta tutunmaz, kolayca yıkanır. Askıda partiküllerdeki azot esasın organik şekildedir. Bunlar suyun hızı azalınca çökerler ve dip çökeltisi üzerinde bir tabaka oluştururlar.

Oksijenin elektron alıcı olarak bulunmadığı anaerobik ortamlarda, organik maddenin ayrışmasıyla metan gazı oluşur. Göl zemininde su bu gazla aşırı doygunluğa ulaşınca yüzeyde gaz kabarcıkları görülmeye başlar/1,13,16,36/. kükürt, po-



ŞEKİL 2-8 Tabakalaşmış bir göldeki azot dinamiği/16/



Göl suyundaki toplam azot miktarı nitrifikasyon, denitrifikasyon ve azot tutulması yoluyla devamlı değişmektedir. Gölde azotun iç çevrimi ise dört ayrı tip reaksiyonla olur. Bunlar asimilasyon, amonifikasyon, nitrifikasyon ve heterotrofik değişimdir. Şekil 2-7'de tabakalaşmış bir göldeki azot dinamiği görülmektedir/16/.

#### 2.7.2.4. Diğer Çözünmüş Maddeler

Büyümeyi sınırlayıcı eleman olan azot ve fosfora ek olarak element ve bileşikler halinde su yaşamı için gerekli olan besin maddeleri: karbon, hidrojen, oksijen, kükürt, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve eser miktarda ihtiyaç duyulan besin maddeleridir. Eser elementler çeşitli metabolizma faaliyetleri için gereklidir. Bunlar Tablo 2-1'de gösterilmiştir/6,7/.

TABLO 2-1. Çeşitli Metabolizma Faaliyetleri İçin Gerekli Eser Elementler/6/

| İŞLEM              | GEREKLİ ESER ELEMENT                 |
|--------------------|--------------------------------------|
| Fotosentez         | Mangan, demir, klor, çinko, vanadyum |
| Azot tutulması     | Demir, bor, molibden, kobalt         |
| Diğer fonksiyonlar | Mangan, bor, kobalt, bakır, silisyum |

Fitoplanktonlar sudaki anorganik besin maddelerini hücre teşekkülünde kullanırlar ve biyokimyasal çevrim suyun kimyasal elementleri ile biyokütle arasında, ortamdaki elementlerin konsantrasyonlarında etkili olarak değişir. Doğal su sistemlerinde metal iyonu konsantrasyonu metal karbonatların çözünürlüğü ile kontrol edilir. Çözülme ve çökelme reaksiyonları suya, suyun kimyasal özelliklerini değiştiren bileşikler verir. Ancak bu reaksiyonlar yavaştır ve suyun pH'sıyla birlikte çözünmüş oksijen miktarına bağlıdır.



Artan çözünmüş tuz miktarı, su yaşamının besi maddesi ile ilgilidir ve genel olarak bütün su kalitesi besi maddesindeki artmayla kötüye gideceği için iyon konsantrasyonları, suyun ötröfikasyona yatkınlığını gösteren indikatörler olurlar/5,6,10/.

### 2.7.3. Biyolojik Parametreler

#### 2.7.3.1. Birinci Kademe Üretim

Üretim, organik şekle çevrilen anorganik madde miktarı ile sınırlanmıştır ve o anda yaşayan canlı topluluğuna aittir. Planktonlar, yoğunluklarına, türlerinin özelliklerine ve hücre hacimlerine göre aktivitede etkili olurlar. Fotosentetik aktivite fiziksel ışık enerjisinin kimyasal enerjiye çevrildiği biyolojik bir işlemdir. Şekil 2-8'de fitoplanktonun brüt fotosentetik profili ve ışık şiddeti profili görülmektedir/1,18,19/.

Fotosentetik aktivite, derinlik, ışık şiddeti ve zamanın fonksiyonu olduğu için günlük ortalama toplam fotosentez/7/:

$$\Sigma p = z_i \cdot p_{\max}$$

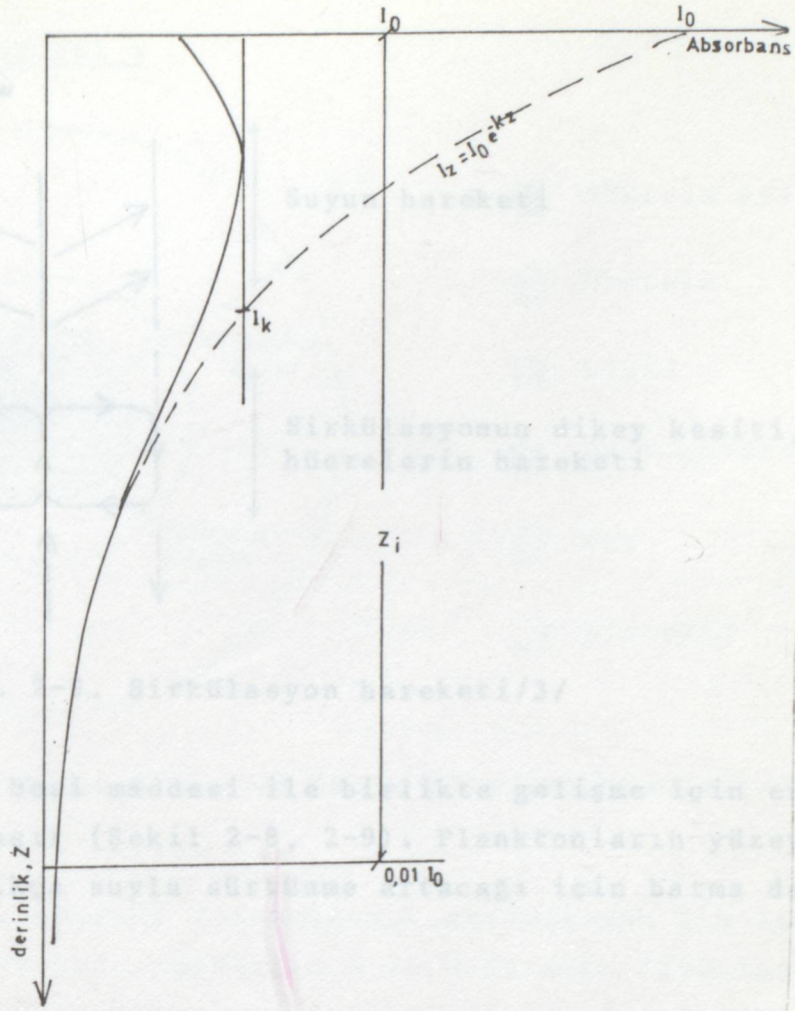
ifadesiyle verilir.

$z_i$  : Işık giriş derinliği  
 $p_{\max}$  : Aydınlanmanın optimum seviyede olduğu ortalama derinlikteki suyun birim hacmindeki fotosentez.

Işık şiddeti yüzeyden derine doğru logaritmik olarak azalmaktadır.

$$I_z = I_0 \exp.(-kz)$$





ŞEKİL 2-8. Brüt fotosentez ve ışık şiddeti profili/18,19/.

$I_0$  : Yüzeydeki ışık şiddeti

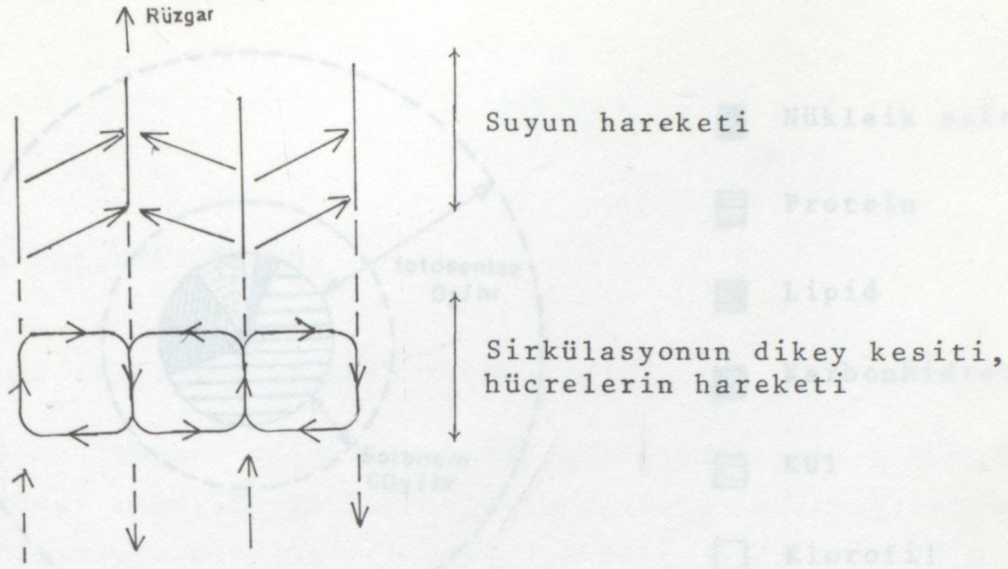
$I_z$  :  $z$  derinlikteki ışık şiddeti

$k$  = ekstinksiyon katsayısı

$p_{max}$  ise yüzeyden daha derine rastlamaktadır. Su yüzeyinde basınç veya rüzgarın etkisiyle yüzey dalgaları oluşur. Suyun hareketiyle birlikte rüzgar yönüne hafif bir açıyla veya paralel olarak hücreler sürüklenirler. Suyun viskozluğu planktonun hareket eden suyla taşınmasını sağlar. Planktonun yukarı doğru sürüklenme hızı, zayıf rüzgar hızlarında bile genellikle planktonun dibe çökme hızından daha büyüktür. Böylece plankton sirkülasyon içinde kalır. Dolayısıyla plankton topluluğu yüzeye yakın bir yerde birikerek, ışık alan



### 2.7.3.2. Klorofil-a



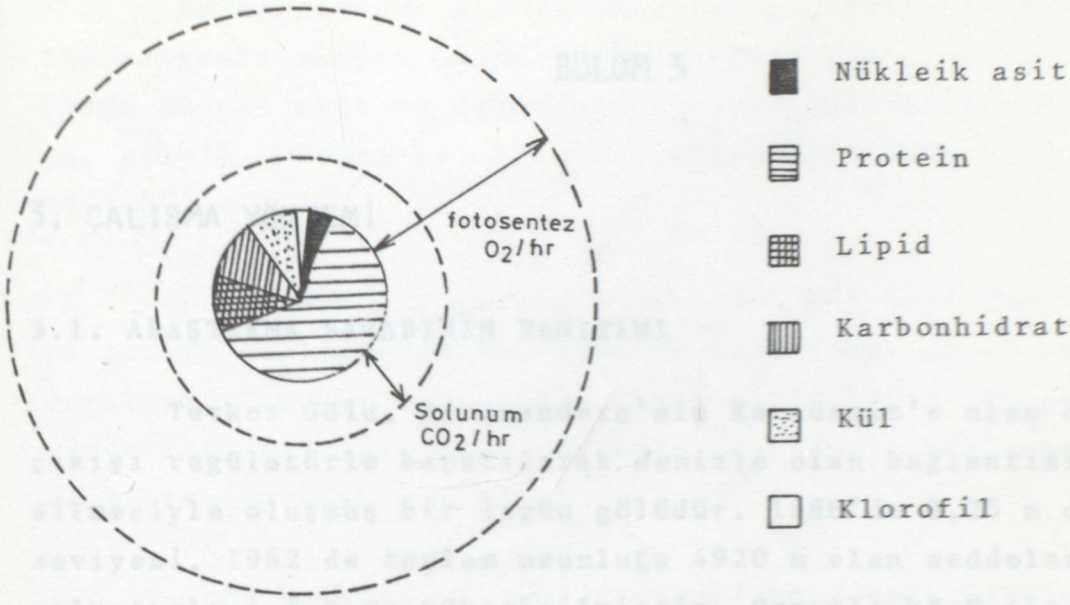
ŞEKİL 2-9. Sirkülasyon hareketi/3/

bölgelerde, besi maddesi ile birlikte gelişme için en uygun şartlara ulaşır (Şekil 2-8, 2-9). Planktonların yüzey/hacim oranı, arttıkça suyla sürtünme artacağı için batma daha yavaş olur/3/.

Dalga boyu uzun olan kırmızı ışığın çabuk absorblanarak derinlere ulaşamaması ve yeşil pigmentli fotosentetik organizmaların kırmızı ışığı kullanmaları maksimum fotosentezin yüzeyden daha derinde olmasına yol açmaktadır/1/.



### 2.7.3.2. Klorofil-a



ŞEKİL 2-10. Metabolizma ve hücre bileşimi oranları/3/

Canlı hücrede fotosentetik aktivitenin ilk temel ürünü proteindir ve kuru ağırlığın % 70 kadardır. Fitoplanktonun ilk asimilasyon parametresi olan klorofil ise % 2,5-5 kadardır (Şekil 2-10). Klorofil miktarı birim hücre hacmindeki pigment miktarı, türlerin tipi, çevrenin fizyolojik durumu gibi faktörlere bağlıdır. Klorofil tayininde, aktif olmayan klorofil ve parçalanma ürünleri de ekstraksiyona girdiği için fitoplanktonun gerçek ölçüsü olmamakla beraber, sudaki fotosentetik organizmaların relatif miktarı hakkında çabuk ve iyi bir fikir verir/3/.



temel kirleemelere karşı koruma altına alınmıştır/32/.

Mutlak Koruma Alanı: Maksimum su seviyesinde itibaren 300 m. genişlikteki alanda hiçbir yapı yapılamaz. Çevre düzeni plan ve emanejman planına göre gülden faydalanma, piknik, yüzmeye, balık tutma ihtiyaçları için açıklar teşkil

### BÖLÜM 3

## 3. ÇALIŞMA YÖNTEMİ

### 3.1. ARAŞTIRMA SAHASININ TANITIMI

Terkos Gölü, Karamandere'nin Karadeniz'e olan doğal çıkışı regülatörle kapatılarak denizle olan bağlantısının kesilmesiyle oluşmuş bir lagün gölüdür. 1888'de 3,25 m olan su seviyesi, 1962 de toplam uzunluğu 4920 m olan seddelerin yapılmasıyla 4,5 m.ye yükseltilmiştir. Ormanlı köyü ile göl arasındaki sedde, ekili arazinin su altında kalmaması için yapılmıştır. Yağışlı mevsimde seddenin mansabında toplanan suların göle tahliyesi ve ekim zamanında göl suyu ile sedde mansabındaki arazide ziraat yapılabilmesini sağlayan bir pompa istasyonu vardır. Göl ile Karadeniz arasındaki arazi şeridini teşkil eden kum materyalin, kuzey rüzgarlarının etkisiyle göle doğru olan kumul hareketini önlemek için fiziksel tedbirlere ait geçici stabilizasyon çalışmaları ve tabii bitki örtüsünün geliştirilmesine ait daimi stabilizasyon çalışmaları yapılmıştır/47/.

Göl beslenme havzasında 19 yerleşim merkezinden Terkos köyü hariç diğerleri orman içi ve orman kenarı köyleridir. Terkos köyü mutlak koruma alanı içinde, Ormanlı, Celepköy ve Balaban köyü kısa mesafeli koruma alanında, Hisarbeyli köyü orta mesafeli koruma alanı içinde kalmaktadır. Diğer 14 köy ise uzun mesafeli koruma alanı içinde kalmaktadır (Şekil 3-1).

İçme ve kullanma suyu temin edilen su kaynakları muh-



temel kirlenmelere karşı koruma altına alınmıştır/52/.

Mutlak Koruma Alanı: Maksimum su seviyesinden itibaren 300 m. genişlikteki alandır. Bu şeritte hiçbir yapı yapılamaz. Çevre düzeni plan ve amanejman planına göre gölden faydalanma, piknik, yüzme, balık tutma ihtiyaçları için cepler teşkil edilir.

Kısa Mesafeli Koruma Alanı (300 m-1 km): Turizm, iskan ve sanayi yerleşmelerine, sıvı ve katı yakıt depolarına izin verilmez. Tek katlı yapılara (büfe gibi)  $100 \text{ m}^2$  yi geçmemek üzere izin verilir. Suni gübre ve insektisit kullanmamak şartıyla tarıma izin verilir.

Orta Mesafeli Koruma Alanı (1 km-2 km): Hiçbir sanayi ve toplu konut yerleşmesine izin verilmez. Turizm tesislerine izin verilebilir. Suni gübre ve tarım ilacı kullanmamak şartıyla tarım yapılabilir.

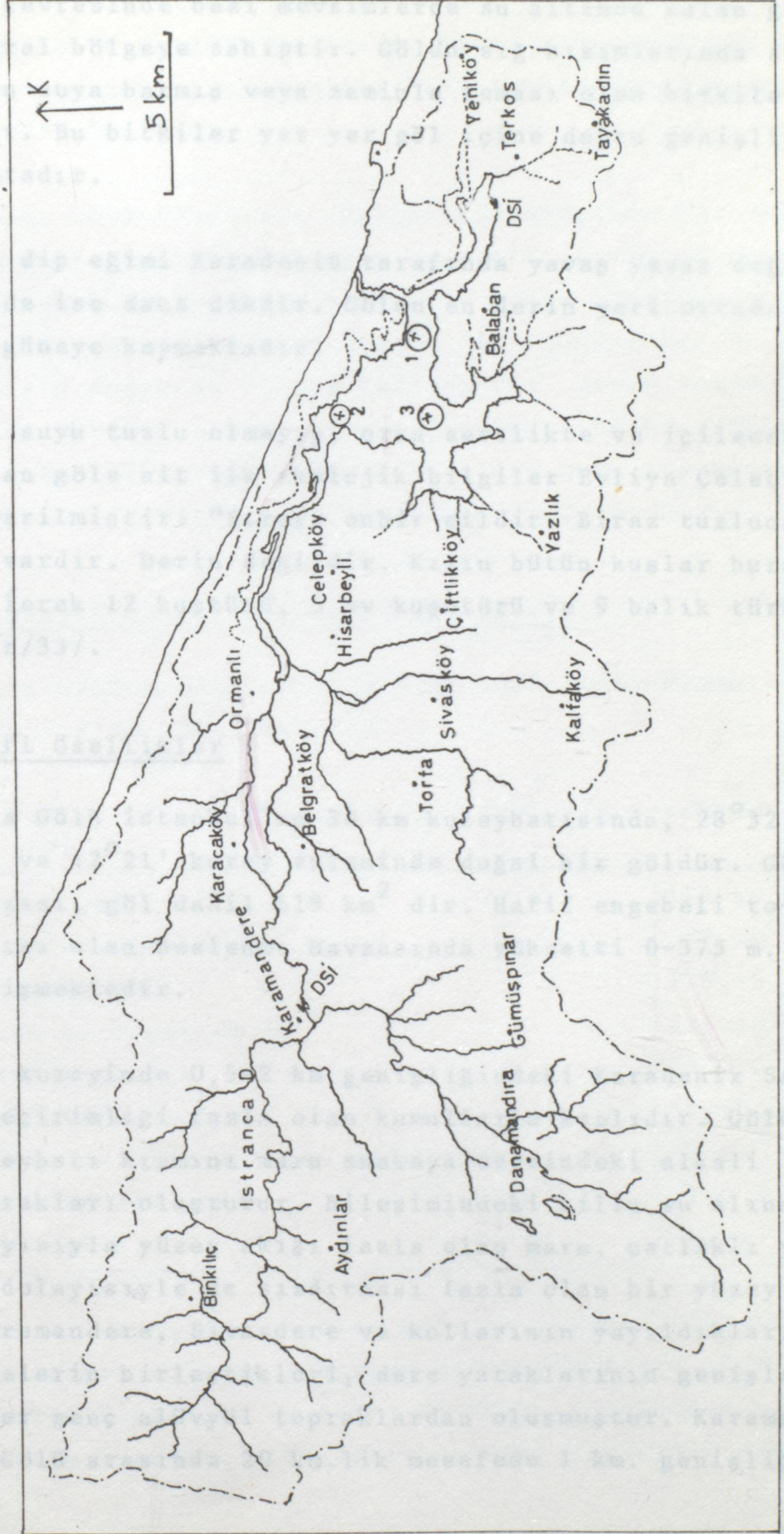
Uzun Mesafeli Koruma Alanı (Toplam beslenme havzası): Sanayi kuruluşlarına izin verilmez.

1980 yılı sayımına göre köylerde toplam olarak 18032 nüfus yaşamaktadır ve hayvancılık, balıkçılık ve gübreli tarım ile uğraşmaktadır.

Göl beslenme havzasında yükselti (0-375) m arasında değişmektedir. Havzanın % 68,5 orman, % 19,2 tarım alanları, % 12,3 diğer kullanım şekillerindedir. Göl beslenme havzası bitki örtüsünü nemli iklim tipi ormanı olan geniş yapraklılar, ormanlık alanların % 80 meşe, % 20 meşe-kayın-gürgen oluşturur.

Göl yakın çevresi ağaçlık, yer yer çalı ve fundalıklarla kaplıdır. Göldeki su yüksekliğindeki değişmelere bağlı





ŞEKİL 3-1. Terkos gölü ve beslenme havzası



olarak, göl çevresinde bazı mevsimlerde su altında kalan geniş bir litoral bölgeye sahiptir. Gölün sığ kısımlarında suda yüzen, kısmen suya batmış veya zeminle teması olan bitkiler bulunmaktadır. Bu bitkiler yer yer göl içine doğru genişliyerek yayılmaktadır.

Gölün dip eğimi Karadeniz tarafında yavaş yavaş değişmekte, güneyde ise daha diktir. Gölün en derin yeri ortada değil, daha güneye kaymaktadır.

Bugün suyu tuzlu olmayıp, orta sertlikte ve içilecek nitelikte olan göle ait ilk ekolojik bilgiler Evliya Çelebi tarafından verilmiştir: "Etrafı onbir mildir. Biraz tuzluca, berrak suyu vardır. Derin değildir. Kışın bütün kuşlar burada kışlar" denilerek 12 kuştürü, 5 av kuştürü ve 9 balık türü sayılmaktadır/33/.

### 3.1.1. Coğrafi Özellikler

Terkos Gölü İstanbul'un 38 km kuzeybatısında,  $28^{\circ}32'$  doğu boylamı ve  $42^{\circ}21'$  kuzey enleminde doğal bir göldür. Göl Beslenme Havzası, göl dahil  $619 \text{ km}^2$  dir. Hafif engebeli topografik yapısı olan Beslenme Havzasında yükselti 0-375 m. arasında değişmektedir.

Gölün kuzeyinde 0,5-2 km genişliğindeki Karadeniz Sahil şeridi geçirimsizliği fazla olan kumullarla kaplıdır. Gölün güney ve güneybatı kısmını marn anakaya üzerindeki alkali rendzina toprakları oluşturur. Bileşimindeki kilin su alınca şişmesi dolayısıyla yüzey akışı fazla olan marn, çatlaklı yapıda olması dolayısıyla de sızdırması fazla olan bir yüzey şeklidir. Karamandere, Sivasdere ve kollarının yayıldıkları alanlar, derelerin birleştikleri, dere yataklarının genişledikleri yerler genç alüvyül topraklardan oluşmuştur. Karamandere Terkos Gölü arasında 20 km.lik mesafede 1 km. genişliğinin-



de olan alüvyül toprakların Ormanlı-Karacaköy civarında 2-2,5 km.ye kadar yayıldığı görülmektedir. Karamandere köyünün batısında kalan bölgeyi ise kireçsiz kahverengi orman toprakları oluşturur/31,32,52/.

Balaban köyü civarında yapılan bir araştırmada, orman toprağında (ABC) zonları belirgin ve zonlar arasında geçiş tedrici olurken mera toprağında geçişin kesin olduğu, tarlaya çevrilmiş orman toprağında ise sadece (AC) zonlarının bulunduğu ve geçişin doğrudan olduğu görülmüştür. Orman toprağında tesbit edilen horizon sırası, iyi gelişmiş strüktür, gözenekli yapı gibi özelliklerin ve kök sıklığının mera toprağında bozulmuş ve olumsuz yönde etkilendiği görülmüştür/34/.

### 3.1.2. Morfolojik ve Hidrolojik Karakteristikler

Terkos Gölüne ait hidrolojik ve morfolojik karakteristikler Tablo 3-1'de görülmektedir.

TABLO 3-1. Terkos Gölü Morfolojik ve Hidrolojik Karakteristikleri

|                                           |                                    |
|-------------------------------------------|------------------------------------|
| Drenaj alanı (göl dahil)                  | 619 km <sup>2</sup>                |
| Yıllık güvenilir verim                    | 120.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> |
| Yıllık ortalama akış                      | 196.10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
| Toplam depolama kapasitesi                | 237.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> |
| Toplam aktif kapasite                     | 154.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> |
| Maksimum depolama seviyesi                | +4,50 m                            |
| Mak. depolama seviyesinde göl yüzey alanı | 42 km <sup>2</sup>                 |
| Minimum işletme seviyesi                  | -1,0 m                             |
| Maksimum derinlik                         | -10 m                              |

Geniş bir kıyı şeridi olan göle su gelimi 287,1 km<sup>2</sup>.-lik yağış alanının sularını getiren Istrancadere'den, yazın suyunu kaybeden Sivasdere ve diğer 30 küçük derelerden olur. Su geliminde Karamandere'nin (Istrancadere) kesitinin geniş-



lemesi, su hızının azalması, yağışlara bağlı olarak gölde su yüksekliğinin değişmesi ve taşmalar sebebiyle göl suyu çevredeki araziye yayılarak dağınık su birikintileri oluşturmaktadır. Taraçalı eski dere yatağı, Ormanlı köyü ve Karacaköyde, salma suyla çeltik ekimi yapılması, yer yer çukurluklarda suyun birikmesi gölün belirli bir girişi olmasını engeller. Gölün tek çıkışı ise pompa istasyonudur.

### 3.2. TERKOS GÖLÜNE GELEN BESİ MADDESİ YÜKLERİ

Göl havzasındaki yük kaynakları, orman ve tarım alanından gelen yüzeysel ve sızıntı suları, fosseptik sızıntı suları gibi dağınık kaynaklardır. Havzadan gelen bu yüke, dere sularının taşıdığı yük ve doğrudan göl yüzeyine gelen maddeleri kapsayan atmosferik yük eklenmektedir. Havzadan gelen yük, havzanın toprak kullanımına ve mevsimlik yağış şartlarına bağlı olarak hesaplanır. Havzadaki toprak kullanımını belirlemek için DSİ 14.Bölge Harita Bölümünden alınan 1/25000 lik topografik harita ve T.C.Orman Bakanlığının 1/25000 lik Havza Amanejman haritalarından faydalanıldı. Havzaya ait hesaplanan toprak kullanımı Tablo 3-2'de görülmektedir.

TABLO 3-2. Terkos Gölü Beslenme Havzası Toprak Kullanımı

| Toprak Kullanımı             | %     | km <sup>2</sup> |
|------------------------------|-------|-----------------|
| Verimli orman                | 68,5  | 404,78          |
| Tarım alanı                  | 19,12 | 112,98          |
| Çok bozuk orman              | 2,5   | 14,73           |
| Orman içi açıklık            | 1,4   | 8,273           |
| Maki                         | 0,7   | 4,136           |
| Ağaçlandırma projeli alanlar | 5     | 29,546          |
| Diğer                        | 2,78  | 16,43           |
| Su                           |       | 28,125          |



Göle çok yakın dağınık kaynakların etkisi nokta kaynak etkisine çok yakın olacağı gibi uzak mesafelerdeki kaynakların etkisi de daha az olacak, kaynağın göle olan uzaklığı arttıkça etkisi de azalacaktır. Bunun için Şekil 3-1'de görüldüğü gibi, Istrancadere ve Danamandıra'dan gelen dereelerin, Karamandere köyünün batısında kalan alanların yükünü topladığı düşünülerek, bu alanın dışında kalan alanlardaki dağınık kaynaklardan gelen yük hesaplandı. Bu bölgeye ait hesaplanan toprak kullanımı Tablo 3-3'de görülmektedir.

TABLO 3-3. Karamandere Yağış Alanı Dışında Kalan Bölgede Toprak Kullanımı

| Toprak Kullanımı             | km <sup>2</sup> |
|------------------------------|-----------------|
| Verimli Orman                | 187,362         |
| Tarım Alanı                  | 68,9775         |
| Ağaçlandırma Projeli Alanlar | 29,546          |
| Diğer                        | 17,262          |

Tarım alanlarında, kullanılan gübre, cinsine ve miktarına bağlı olarak yağışların etkisiyle toprakta süzülerek veya yüzey üstü akıntılarla göle ulaşmaktadır. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsünün tavsiye ettiği miktarlara uygun olarak havzada kullanılan gübre miktarları ve cinsleri Tablo 3-4'de görülmektedir.

TABLO 3-4. Havzada Kullanılan Gübre Cinsleri ve Miktarları/5/

|                    |                                                     |
|--------------------|-----------------------------------------------------|
| 16-18 kg/dekar-yıl | fosforlu gübre(% 42 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) |
| 20-22              | azotlu gübre(% 21 N)                                |
| 15-17              | azotlu gübre(% 26 N)                                |

Fosforlu gübrenin 1/4 Mart, 3/4 Ekim aylarında, azotlu gübrenin 1/2 si Ocak-Şubat, 1/2 Ekim aylarında kullanılmaktadır.



|                                |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| % 42 lik 1 kg fosforlu gübrede | 183,3 g fosfor, |
| % 21 lik 1 kg azotlu gübrede   | 0,21 kg azot,   |
| % 26 lik 1 kg azotlu gübrede   | 0,26 kg azot    |

vardır. Topraktaki bitkinin besı maddesinden faydalanma oranı ve topraktaki bitki örtüsü sıklığı arttıkça besı maddesinin topraktaki kaybı azalır. Havzanın birim yüzeyinden, birim zamanda yüzeysel sularla çıkarılan besı maddesi miktarı, karakteristik bir değerdir. Uygulanan gübre miktarına bağlı olarak besı maddesi karakteristikleri Tablo 3-5'de görölmektedir.

TABLO 3-5. Gübre Miktarlarına Bağlı Besı Maddesi Karakteristikleri/20/

|                             | P(kg/ha-yıl) | N(kg/ha-yıl) |
|-----------------------------|--------------|--------------|
| Uygulanan gübre miktarı     | 29           | 56           |
| Besı maddesi karakteristiği | 0,11         | 5,5          |

Tablo 3-4'de gösterilen havzada kullanılan gübre miktarları ve cinsleri ile Tablo 3-5'de görölen uygulanan gübre miktarına bağlı besı maddesi karakteristikleri kullanılarak havzaya ait karakteristikler 1,1129 kgP/ha-yıl ve 79,55 kgN/ha-yıl olarak bulunmuştur. Bu değerler, Tablo 3-3'de görölen tarım alanları ile çarpılarak tarım alanına ait yıllık yük miktarı hesaplanmıştır. Mevsimlik yük hesabında, fosforlu ve azotlu gübrenin kullanıldığı aylara göre yıllık yükün dağılımı yapılmıştır.

Fosseptik sisteminden gelen yük hesabında insan için:

1,5 kgP/nüfus-yıl

6,5 kgN/nüfus-yıl

faktörleri kullanılmıştır/20/. Çatalca Nüfus Müdürlüğünden



alınan 1980 yılı sayımına ait bilgilere göre Karamandere yağış alanı bölgesinde 5331, bu bölge dışında 12701 olmak üzere toplam 18032 nüfus mevcuttur.

Çiftlik hayvanları için kullanılan karakteristikler ve Çatalca Veteriner Müdürlüğünden alınan çiftlik hayvanlarına ait sayımlar Tablo 3-6'da görülmektedir. Besi maddesi karakteristikleri, ait oldukları cinslere ait sayısal değerlerle çarpılarak yük hesaplandı.

TABLO 3-6. Havzadaki Çiftlik Hayvanları Sayısı ve Bunlara Ait Besi Maddesi Karakteristikleri/20/.

| Hayvan Başına Bırakılan Besi Maddesi | Havzadaki Çiftlik Hayvanı Sayısı |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| 25 kgP/sığır-yıl                     | 7480 Büyük Baş H. (1)            |
| 38 kgN/sığır-yıl                     | 10506 Büyük Baş H. (2)           |
| 2 kgP/koyun-yıl                      | 14767 Küçük Baş H. (1)           |
| 11 kgN/koyun-yıl                     | 20341 Küçük Baş H. (2)           |
| 0,2 kgP/tavuk-yıl                    | 3000 Kümes H. (1)                |
| 0,5 kgN/tavuk-yıl                    | 3000 Kümes H. (2)                |

(1) Karamandere yağış alanı dışındaki bölgelere ait

(2) Bütün havzaya ait değerler.

Tarım alanı, insan ve çiftlik hayvanlarına ait yük hesabında, Karamandere yağış alanı dışında kalan bölgelerde besi maddesi yükünün % 10'unun göle ulaştığı düşünülerek yükün % 10'u alındı.

En az yüzey suyu ve toprak erozyonu ile yüksek absorblayıcı kapasiteye sahip orman alanlarına ve atmosfere ait yük miktarları, orman alanları ve her aya ait ortalama göl yüzeyleri, kendi karakteristikleriyle çarpılarak hesaplandı. Bu karakteristikler Tablo 3-8'de verilmiştir.



TABLO 3-7. Orman ve Atmosfere Ait Besi Maddesi Karakteristikleri/6/.

| Ortam    | P(g/m <sup>2</sup> -yıl) | N(g/m <sup>2</sup> -yıl) |
|----------|--------------------------|--------------------------|
| Orman    | 0,01                     | 0,5                      |
| Atmosfer | 0,025                    | 2,4                      |

Toplam yük hesabında yağışlı geçen aylar dikkate alındı. DSİ Terkos İstasyonunda yapılan yağış ölçümlerine göre, Terkos Gölü Havzasında Mayıs ve Eylül'de 15,2 mm ve 0,2 mm, diğer aylar ise 50 mm.nin üstünde yağış almıştır.

Karamandere yağış alanına ait yük, DSİ Karamandere istasyonunda ölçülen debi değerleri, besi maddesi konsantrasyonlarıyla çarpılarak hesaplandı. Bu değerler Tablo 3-8'de verilmiştir.

TABLO 3-8. Karamandere İstasyonuna Ait Değerler/52/

| Aylar   | Debi (m <sup>3</sup> /s) | P (mg/l) | N(mg/l) |
|---------|--------------------------|----------|---------|
| Ocak    | 3,4                      | 0,14     | 8,85    |
| Şubat   | 1,18                     | 0,19     | 6,112   |
| Nisan   | 2,0                      | 0,11     | 8,481   |
| Haziran | 0,092                    | 0,21     | 6,847   |
| Temmuz  | 0,068                    | 0,13     | -       |
| Ekim    | 1,11                     | 0,17     | 4,735   |
| Kasım   | 1,09                     | 0,25     | 0,17    |

Hesaplanan yıllık toplam yük miktarları aşağıda verilmiştir:

ORMAN:  $1,56 \cdot 10^6$  g P/yıl  
 $78,066 \cdot 10^6$  g N/yıl



ATMOSFER:  $0,5504 \cdot 10^6$  gP/yıl  
 $55,63 \cdot 10^6$  gN/yıl

TARIM:  $0,6397 \cdot 10^6$  gP/yıl  
 $45,726 \cdot 10^6$  gN/yıl

İNSAN:  $1,5876 \cdot 10^6$  gP/yıl  
 $6,8796 \cdot 10^6$  gN/yıl

DERE:  $7,735 \cdot 10^6$  gP/yıl  
 $326,967 \cdot 10^6$  gN/yıl

ÇİFTLİK HAYVANI:  $18,0819 \cdot 10^6$  gP/yıl  
 $37,333 \cdot 10^6$  gN/yıl

TOPLAM YÜK:  $30,2087 \cdot 10^6$  gP/yıl  
 $550,6016 \cdot 10^6$  gN/yıl

Göl Yüzeyi:  $28,075 \text{ km}^2$

Ortalama derinlik:  $3,96 \text{ m}$

YÜZEYSEL YÜK:  $1,076 \text{ gP/m}^2\text{-yıl}$   
 $19,6118 \text{ gN/m}^2\text{-yıl}$

HACİMSEL YÜKÜ:  $0,2717 \text{ gP/m}^3\text{-yıl}$   
 $4,95247 \text{ gN/m}^3\text{-yıl}$

Terkos Gölünün su kalitesinde bir bozulma olmadan kabul edebileceği müsaade edilen ve fazla yük miktarları Tablo 3-9'dan bulunan değerlerden faydalanılarak hesaplandı.

$$V = 113,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$
$$Q = 138,116 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$$
$$R_{\text{su}} = V/Q = 0,82 \text{ yıl}$$



Göl ortalama derinliği,  $Z = 3,96$  m günlük hacim-alan değerlerinden hesaplandı (Tablo 3-10, Şekil 3-2).

Müsaade edilen yük:

$$L_c(P) = 100 + (10(Z/R_{su})) = 148,29 \text{ mg P/m}^2\text{-yıl.}$$

Fazla yük:

$$L(P) = 200 + (20(Z/R_{su})) = 296,585 \text{ mg N/m}^2\text{-yıl}$$

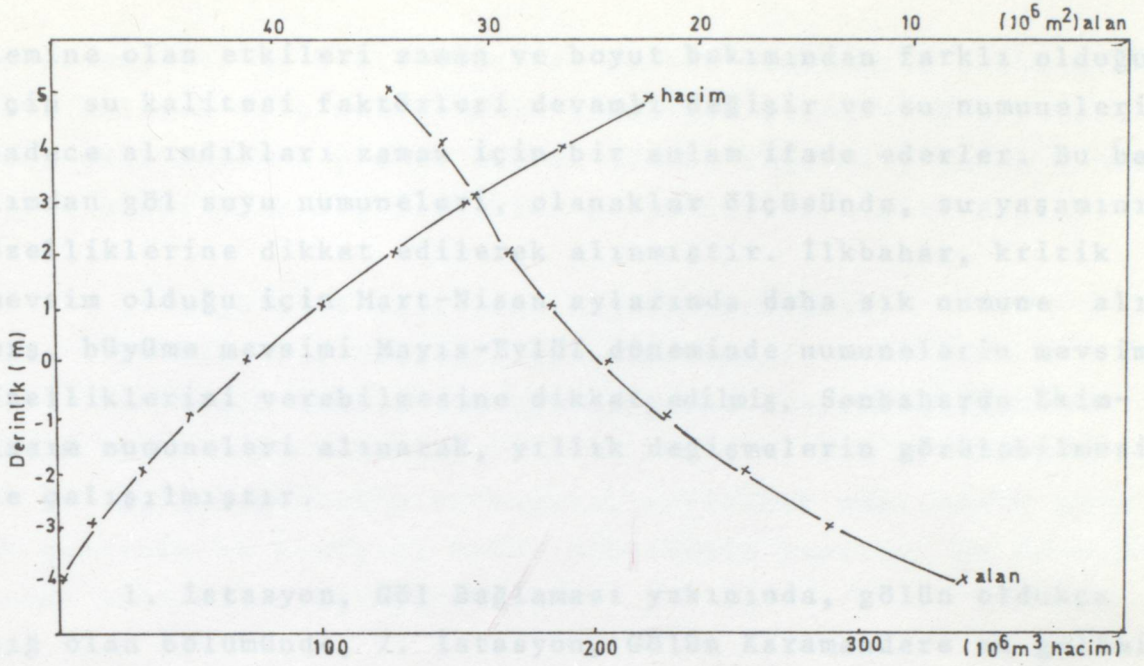
olarak bulunmuştur.  $L_c(P)$  ve  $L(P)$  değerleri Vollenweider yük diyagramında müsaade edilen ve fazla yük sınır çizgileri üzerinde yer almaktadır (Şekil 2-1).

Göle geldiği hesaplanan yük ise kritik yük çizgisinin üstünde, ötrofik bölgede yer almaktadır. Göle gelen yük fazla olsa bile su kalitesinde bozulma meydana getirmediği sürece su ötrofik sayılamıyacağı için göl suyunun besin seviyesini gösteren parametrelerin de incelenmesi gerekmektedir. Göle gelen besi maddesi yükünün etkisine karşılık göl suyunun tepkisini gösteren parametreler su kalitesi hakkında daha gerçeğe yakın fikir vermektedir. Bunun için besin seviyesini gösteren parametreler incelendi.

TABLO 3-9. Terkos Gölü 1984 Yılı Karakteristikleri/59/

| Aylar   | Ortalama derin(m) | Hacim $10^6\text{m}^3$ | Yüzey $10^6\text{m}^2$ | Gelen Su $10^6\text{m}^3/\text{ay}$ | Çıkan Su $10^6\text{m}^3/\text{ay}$ |
|---------|-------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Ocak    | 0,10              | 72                     | 24,25                  | 15,354                              | 7,964                               |
| Şubat   | 0,62              | 86                     | 26                     | 26,744                              | 4,588                               |
| Mart    | 1,93              | 122                    | 28,75                  | 44,91                               | 2,809                               |
| Nisan   | 2,74              | 144                    | 30,25                  | 11,804                              | 3,36                                |
| Mayıs   | 2,86              | 150                    | 30,5                   | 7,477                               | 6,626                               |
| Haziran | 2,84              | 148                    | 30,4                   | 4,787                               | 12,891                              |
| Temmuz  | 2,35              | 133                    | 29,75                  | 4,467                               | 17,52                               |
| Ağustos | 1,96              | 124                    | 29                     | 6,481                               | 16,223                              |
| Eylül   | 1,3               | 114                    | 28,25                  | 3,434                               | 16,098                              |
| Ekim    | 0,99              | 94                     | 27                     | 3,533                               | 12,558                              |
| Kasım   | 0,88              | 93                     | 26,75                  | 6,28                                | 10,83                               |
| Aralık  | 0,59              | 81                     | 26                     | 2,899                               | 11,818                              |
|         |                   |                        |                        | 138,17                              | 123,255                             |





ŞEKİL 3-2. Terkos Gölü Derinlik-Hacim-Alan Karakteristikleri /53/

TABLO 3-10. Terkos Gölü Hacim-Alan-Derinlik Karakteristikleri /53/

| Kot(m) | Alan( $10^6 \text{ m}^2$ ) | Hacim( $10^6 \text{ m}^3$ ) |
|--------|----------------------------|-----------------------------|
| 4.     | 32,589                     | 188,195                     |
| 3.     | 30,628                     | 156,587                     |
| 2.     | 29,086                     | 126,730                     |
| 1.     | 27,157                     | 98,608                      |
| 0.     | 24,310                     | 72,875                      |
| -1.0   | 21,468                     | 49,986                      |
| -2.    | 17,939                     | 30,282                      |
| -3.    | 13,900                     | 14,363                      |
| -4.    | 7,413                      | 3,706                       |

### 3.3. DENEYSEL KISIM

#### 3.3.1. İstasyon Seçimi ve Numune Alma

Suda kirlenmeye sebep olan kirleticilerin göl ekosis-



temine olan etkileri zaman ve boyut bakımından farklı olduğu için su kalitesi faktörleri devamlı değişir ve su numuneleri sadece alındıkları zaman için bir anlam ifade ederler. Bu bakımdan göl suyu numuneleri, olanaklar ölçüsünde, su yaşamının özelliklerine dikkat edilerek alınmıştır. İlkbahar, kritik mevsim olduğu için Mart-Nisan aylarında daha sık numune alınmış, büyüme mevsimi Mayıs-Eylül döneminde numunelerin mevsim özelliklerini verebilmesine dikkat edilmiş, Sonbaharda Ekim-Kasım numuneleri alınarak, yıllık değişimlerin görülebilmesine çalışılmıştır.

1. İstasyon, Göl Bağlaması yakınında, gölün oldukça sığ olan bölümünde, 2. İstasyon, Gölün Karamandere su gelimine doğru daraldığı kesimden, 3. İstasyon, Balaban Köyü batısında dik yamaçların önünde, gölün en dar yerinde seçilmiştir (Şekil 3-1).

Su numuneleri yüzeyden 30-40 cm mesafeden 1 lt.lik şişelerle alınmıştır. Şişeler göl suyu ile çalkalandıktan sonra suya daldırılarak doldurulmuş ve gerekli koruyucular konarak etiketlenmiştir. Haziran ve Ekim aylarında, yüzey örneklerine ek olarak orta derinlikten ve dip çökeltisinden 50 cm mesafeden numune alınmıştır. Bu numune almalarında dibine ağırlık bağlanarak ağırlaştırılmış, lastik kapaklı Meyer şişesi tipinde hazırlanan 2,5 lt.lik şişeler kullanılmıştır. Çözünmüş Oksijen (Oksijenmetre, YSI Model 51-B 7056), İletkenlik (SCT metre, YSI Model 33-9119), sıcaklık (celcius termometresi), ışık geçirgenliği/20 cm çaplı, siyah-beyaz 4 parçalı Secchi Disk) örnek alındıktan hemen sonra, pH(pHmetre, Coleman Met- rion IV 28-C-R-2696) numuneler laboratuvara getirildikten sonra ölçülmüş ve diğer analizlere geçilmiştir.

### 3.3.2. Kullanılan Koruyucular ve Amaçları

Numune alınmasıyla analizi arasında geçen süre içinde



su numenelerinin özelliklerinde mümkün olabilecek değişiklikleri önlemek için numunelerin korunması gerekir. Numuneleri uzun süre korumak pratik olarak mümkün değildir, ancak örneklerde olabilecek değişiklikler geciktirilebilir. Bunlar:

- 1- Biyolojik aktivitenin geciktirilmesi,
- 2- Hidroliz olayının geciktirilmesi,
- 3- Uçucu maddelerin uçuculuğunun azaltılmasıdır.

Su örneklerinin korunması, yapılacak analizlere göre pH kontrolü ve kimyasal madde ilavesiyle yapılır. Su örneklerinde kullanılan koruyucular;

Nitrat amonyak, organik azot numuneleri için 0,8 ml  $H_2SO_4/1$   
Fosfat, nitrit numuneleri için 40 mg  $HgCl_2/1$   
KOI numuneleri için 1 N  $H_2SO_4$  (pH<2)  
Azot, fosfor, BOI, klorofil-a, kuru ağırlık numuneleri için cam şişeler, diğer analiz numuneleri için plastik şişeler kullanılmıştır/27/.

### 3.3.3. Su Örneklerinde Kullanılan Kimyasal Analiz Yöntemleri

Kimyasal analizlerde klorofil-a/28,29,30/ hariç Standart Metotlardan /27/ faydalanıldı.

Spektrofotometrik yöntemle tayini yapılacak her madde için kalibrasyon doğruları hazırlandı. Bunun için her maddenin standart çözeltisinden bir seri alınarak, madde tayini işlemleri yapıldıktan sonra her madde için belirli dalga boyunda absorbans (Shimatzu Double-beam UV-150-02) değerleri okundu. Madde miktarları ile absorbans değerleri arasında grafik çizildi. Hazırlanan kalibrasyon doğrularından faydalananarak, spektrofotometrik ölçümü yapılan madde miktarları bulundu.



Çözünmüş ortofosfat, nitrat azotu, nitrit azotu, amonyak azotu tayinleri süzölmüş numunede (0,45  $\mu$  membran-Millipore), toplam fosfor ve organik azot tayinleri hem süzölmüş, hem süzölmemiş numunede yapıldı.

**Ortofosfat Tayini:** Numunenin fenol-ftaleyn indikatörü ile renk vermediğı kontrol edildikten sonra, benzen-isobutanol çözücüsü ve amonyum molibdat-II reaktifi ilave edildi. Çalkalanarak fazların ayrılmasından sonra, ortofosfatın çözünmüş olarak bulunduğı organik fazdan alınarak, alkol-sülfürik asit reaktifi ve kalayklorürün indirgen etkisiyle oluşan renkli bileşimin 625 nm.de spektrofotometrik ölçümü yapıldı.

**Hidrolize Olabilen Fosfat Tayini:** Numunenin fenol ftaleyn indikatörü ile renk vermediğı kontrol edildikten sonra kuvvetli asit çözeltisi ilave edilerek su banyosunda 3-5 saat buharlaştırıldı. Soğuduktan sonra NaOH ile nötrallze edilerek, ortofosfata çevrilen polifosfatların ortofosfat olarak spektrofotometrik ölçümü yapıldı.

**Toplam Fosfor Tayini:** Derişik nitrik asit ve sülfürik asit ilave edildikten sonra su banyosu içinde sindirme işlemi yapıldı. Numunedeki toplam fosforun oksitlenerek orto fosfata çevrilmesi sağlandıktan sonra soğutularak nötrallze edildi ve orto fosfat olarak spektrofotometrik tayini yapıldı. Süzölmüş ve süzölmemiş toplam fösfor tayinleri arasındaki fark partiküler fosfor, süzölmüş toplam fosfor ile hidrolize olabilen fosfor değerleri arasındaki fark organik fosfor olarak alındı. Bu değerler Tablo 4-7'de verilmiştir.

**Nitrat Azotu Tayini:** Nötralleştirilmiş numunedeki nitratın 1 NHCl ile asidifikasyonu ile meydana gelen bileşimin 220 nm.de spektrofotometrik ölçümü yapıldı. Çözünmüş organik maddenin verdiği interferensin 275 nm.deki absorbansı okunarak, düzeltmesi yapıldı.



Nitrit Azotu Tayini: Numune nötrallize edildikten sonra, sülfanil amid ve naftil etilen diamin reaktifleriyle nitritin verdiği azo boyası bileşiğinin 543 nm.de spektrofotometrik tayini yapıldı.

Amonyak Azotu Tayini: Nötrallize edilmiş numunedeki bulanıklık veren maddelerin etkisi  $ZnSO_4$  la önlendikten sonra pH=10,5 ayarlandı. EDTA ve Nesler reaktifi ilavesinden sonra meydana gelen renkli bileşiğin 400 nm.de spektrofotometrik tayini yapıldı.

Organik Azot Tayini: Nötrallize edilen numune, borat tampon ve NaOH ile pH=9,5 ayarlandı. Kjeldahl balonunda, amonyağın çıkarılması için kaynatıldı. Sülfürik asit, potasyum sülfat, civa sülfat katalizörlüğünde organik materyaldeki azotun amonyum sülfata dönüştürülmesi sağlandıktan sonra hidroksit-tiyosülfat reaktifi ilave edilerek destillendi. Borik asit üstünde amonyak şeklinde absorblanan azotun, nötrallize edildikten sonra nesler reaktifiyle verdiği renkli bileşiğin 400 nm.de spektrofotometrik tayini yapıldı. Süzölmüş ve süzölmemiş numunelerde yapılan organik azot tayinleri arasındaki fark partiköler azot olarak alındı. Bu değerler Tablo 4-10'da verilmiştir.

Alkalinite Tayini: Metiloranj indikatörü kullanılarak 0,02 NHC1 ile titrasyon yapıldı. Numunedeki  $HCO_3^-$  alkalinite-si, mg/l  $CaCO_3$  olarak Tablo 4-4'de verilmiştir.

Sertlik Tayini: Tampon çözeltiyle pH=10 ayarlandıktan sonra Eriokrom-T indikatörü kullanılarak EDTA ile titrasyon yapıldı. Sertliğin minimum, ortalama ve maksimum değerleri mg/l  $CaCO_3$  cinsinden Tablo 4-11'de görölmektedir.

Kalsiyum Tayini: pH=10'da mureksid indikatörü kullanılarak EDTA ile titrasyon yapıldı.



Magnezyum Tayini: EDTA-Ca ve sertlikten hesaplandı.

Demir Tayini: Numune, derişik HCl ve hidroksil amin çözeltisi ilavesiyle kaynatıldıktan sonra amonyum asetat tampon çözeltisi ve phenontroline çözeltisi konarak meydana gelen bileşğin 508 nm.de spektrofotometrik tayini yapıldı.

Silisyum Tayini: HCl, amonyum molibdat ve oksalik asit reaktifleriyle oluşan renkli bileşğin 410 nm.deki spektrofotometrik ölçümü yapılarak  $\text{SiO}_2$  cinsinden hesaplandı.

Klorür Tayini: Potasyum kromat indikatörüyle, pH=7-8, standart gümüş nitrat çözeltisiyle titrasyon yapıldı.

Sülfat Tayini: Kuruluğa yakın buharlaştırılan numuneler, derişik HCl ile çözüldükten sonra süzüldü. Süzüntüye geçen sülfat, pH=4,5-5'de  $\text{BaCl}_2$  ile çöktürülerek, gravimetrik tayini yapıldı.

Sodyum ve Potasyum Tayini: Dahili standart tipinde çalışan Eppendorf marka alev fotometresinde, destile su ve standart ile ayarlama yapıldıktan sonra, numunelerin m.eşd.g/l olarak konsantrasyonları okundu.

$\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  değerleri Tablo 4-11'de mg/l cinsinden verilmiştir.

$\text{BOI}_5$  Tayini:  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$  ve fosfat tampon (1 ml/1 l) ilave edilerek hazırlanan seyrelme suyuyla göl suyu numuneleri yarı yarıya seyreltildi.  $\text{BOI}$  şişelerine konulduktan sonra 20°C'deki inkübatörde (Dedeoğlu marka) 5 gün bekletildi. İnkübatöre konmadan önceki ve sonraki çözünmüş oksijen miktarları ölçüldü. Hesaplanan  $\text{BOI}_5$  değerleri Tablo 4-4'de verilmiştir.



KOI Tayini: Numuneler, kuvvetli asitli ortamda, gümüş-sülfatın katalizörlüğünde  $K_2Cr_2O_7$  ile kaynatıldı. Organik maddenin oksitlenmesinden sonra, bikromatın fazlası, ferroin indikatör kullanılarak standart demir amonyum sülfatla titre edildi. Bulunan KOI değerleri Tablo 4-4'de verilmiştir.

4. DENEY Toplam Katı Madde Tayini: Sabit tartıma getirilmiş porselen kroze, 250 ml numune su banyosunda buharlaştırılarak kalan madde miktarı tayin edildi. Bulunan değerler Tablo 4-3'de verilmiştir.

Kuru Ağırlık Tayini: Ön filtrasyondan (Sartorius membran filter-13400) geçirilen numuneler 0,45  $\mu$  membran (W,G,47 mm, Millipore) filtreden süzülerek filtre üstünde kalan materyal miktarı tayin edildi. Bulunan değerler Bölüm 4.3.1'de verilmiştir.

Klorofil-a Tayini: Su örnekleri 0,45  $\mu$  membran (W,G, 47 mm Millipore) filtreden süzülerek, filtre üstünde kalan materyali % 90'lık asetonla ekstraksiyon yapıldı. Aseton e ekstraktının 665, 645, 630 nm.deki absorpsanları okunarak klorofil-a miktarı hesaplandı. Bulunan değerler Tablo 4-12'de verilmiştir.

Çözünmüş Oksijen Tayini: Azid Modifikasyonu ve Elektrod Yöntemi kullanıldı.

Azid Modifikasyonu Yöntemi: BOI şişesindeki numuneye 2 ml mangan sülfat, 2 ml alkali-iyodür-azid reaktifi ilave edilerek hava almayacak şekilde ağzı kapatıldı. Mangana bağlanan oksijen çöktürüldü. 2 ml derişik  $H_2SO_4$  ilave edilerek ve iyodun uniform olarak dağılması sağlandıktan sonra 200 ml örnek alınarak tiyosülfatla titre edildi. Manganın yükseltgen etkisiyle açığa çıkan serbest iyod miktarı ve eşdeğeri olan çözünmüş oksijen miktarı, 200 ml örnek için harcanan 0,025 N tiyosülfat miktarı ile eşdeğerdır.



## BÖLÜM 4

### 4. DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ

Bu bölümde, Terkos Gölünden alınan su numunelerinde yapılan analizler sonunda bulunan değerler ve ölçümü gölde yapılan parametreler irdelenmektedir. Klorofil-a ve 1.kademe üretim; besin seviyesi karakteristikleri olarak, azot, fosfor, çözülmüş ve organik maddeler; besi maddesi dinamiği olarak, diğer fiziksel ve kimyasal parametreler; limnolojik karakteristikler olarak gruplandırılmıştır.

#### 4.1. LİMNOLOJİK KARAKTERİSTİKLER

##### 4.1.1. Sıcaklık

Çalışma dönemine ait Terkos Gölü yüzey suyu sıcaklıkları Tablo 4-3 ve Şekil 4-1'de görülmektedir. Su sıcaklığı Ocak ayında  $6^{\circ}\text{C}$ , Şubat'ta  $4^{\circ}\text{C}$  ölçülmüştür. Su  $+4^{\circ}\text{C}$ 'de maksimum yoğunluğa sahiptir, göl tane karışımı halindedir. Hava sıcaklığından etkilenen yüzey suyu sıcaklıklarında, ilkbahar aylarında bir artma görülmektedir. Su geç ısınıp, geç soğuduğu için hava sıcaklığındaki artış suya gecikmeli olarak yansımakta, Mart ayında  $2^{\circ}\text{C}$ 'lik, Nisanda  $7^{\circ}\text{C}$ 'lik sıcaklık artışı görülmektedir. Haziran ayında yüzey suyu sıcaklığı  $24^{\circ}\text{C}$  olurken, dip suyu sıcaklıkları  $22,5^{\circ}\text{C}$  ve  $22^{\circ}\text{C}$  ölçülmüştür (Tablo 4-5, Şekil 4-3).  $1,5$  ve  $2^{\circ}\text{C}$  lik sıcaklık farkı  $4.10^{-4} \text{ g/cm}^3$  ve  $5.10^{-4} \text{ g/cm}^3$  dolaylarında yoğunluk farkı meydana getirmekte, ancak bu yoğunluk farkı gölde tabakalaşma meydana gelmesi için yeterli olmamaktadır. Aynı zamanda sıcaklıktaki azalmanın yavaş olması da bunu göstermektedir. Ekim ayında yüzey



suyu sıcaklığı  $6^{\circ}\text{C}$  azalarak,  $18^{\circ}\text{C}$ 'ye düşerken yüzey ve dip suyu sıcaklıkları arasındaki farkın  $1^{\circ}\text{C}$ - $1,5^{\circ}\text{C}$  olduğu, sıcaklığın yavaş olarak azaldığı ve gölün karışım halinde olduğu görülmektedir (Tablo 4-6, Şekil 4-5).

#### 4.1.2. Çözünmüş Oksijen

Çalışma dönemine ait göl çözünmüş oksijen konsantrasyonları Tablo 4-4, Şekil 4-1'de, çözünmüş oksijenin doygunluk değerleri Tablo 4-1'de görülmektedir. Sıcaklığın fonksiyonu olarak ölçülen bütün mevsimlerde doygunluk değerine çok yakın bulunmuştur. En fazla doygunluk Haziran ayında % 99,6, en düşük doygunluk Nisan ayında % 88,6 olarak görülmüştür. Bu hem fotosentetik aktiviteden hem yüzeyde havalanma ile çözünme dengesi kurulmasından kaynaklanmaktadır. Göl yüzeyinde yatay doğrultuda çözünmüş oksijen konsantrasyonlarında çok az fark ( $0,2$  ppm) ortalama değer alınmıştır. Haziran ayında yüzeydeki çözünmüş oksijen  $8,5$  mg/l- $8,6$  mg/l dolaylarında iken dipte  $7,6$  mg/l olarak ölçülmüştür. Düşey doğrultu boyunca çözünmüş oksijenin  $0,9$  mg/l- $1,6$  mg/l- $1,5$  mg/l azaldığı görülmektedir. Ekim ayında ise yüzeyde  $9,2$  mg/l olan çözünmüş oksijen dipte  $8,4$  mg/l- $8,2$  mg/l'ye düşmektedir. Azalma miktarları  $0,8$  mg/l ve  $1$  mg/l'dir. Göl suyunda, organizmaların solunumu, organik maddenin parçalanması, nitrifikasyon oksijen tüketen süreçler olmasına rağmen göl ortalama derinliğinin ( $3,96$  m) fazla olmaması, yoğunluk farkının çok az olması ve göl yüzeyinin Karadeniz'den gelen rüzgarlarla çırpıntılı olması, çözünmüş oksijenin su içinde Eddy difüzyonla taşınarak dibe kadar ulaşmasında etkili olmaktadır (Tablo 4-5, 4-6, Şekil 4-2, 4-6). Dip numuneleri zeminden  $0,50$  m mesafeden alındığı için, çökelti-su arayüzeyinde çöken organik maddenin ayrışmasından ve dip çamurunun oksijen ihtiyacından çözünmüş oksijenin daha düşük değerde olabileceği ancak anaerobik durumun söz konusu olmadığı görülmektedir.



#### 4.1.3. Secchi Derinlik ve Renk

Gölde ölçülen Secchi Derinlik Tablo 4-3, Şekil 4-6'da görülmektedir. En düşük değer Mart ayında, gölün çok dalgalı olduğu bir günde 0,5 m, en büyük değer Mayıs ayında 1,7 m. olarak ölçülmüştür. Ortalama Secchi derinlik 1,3 m.dir. Secchi derinliğinin, serin günlerde daha düşük, aydınlık günlerde fazla olması, Terkos Gölünde organik bulanıklığa ek olarak anorganik bulanıklığında bulunduğunu göstermektedir. Dip çökeltisindeki bozunma, bentik organizmaların ve burada yuva yapan balıkların faaliyeti, dip çökeltisinin askıda madde halinde dağılmasına sebep olacağı ve bunların Eddy difüzyonla üst tabakalara taşınacağı ve orman bölgesinin ürünü olan bitkisel organik madde ayrışmaya karşı dirençli olduğu için kolloidal halde suda kalacağı için bulanıklığın artmasına sebep olmaktadır.

Göl suyu ilkbahar aylarında çevredeki ağaçların renginin etkisiyle yeşil, sonbahar aylarında erozyon dolayısıyla gelen askıdaki maddeler ve yüzeysel su hareketinin fazla olması sebebiyle sarımsak ve genellikle açık renklidir.

#### 4.1.4. Alkalinite ve pH

Çalışma dönemine ait göl alkalinite ve pH değerleri Tablo 4-4, Şekil 4-7, denge CO<sub>2</sub> değerleri Tablo 4-2'de görülmektedir. Alkalinitenin değişimi CO<sub>2</sub> kullanımına bağlı olduğu için alkalinitenin fazla olduğu dönemler CO<sub>2</sub>'in fazla sarfedildiği dönemlerdir. Mart ve Nisan aylarında sıcaklıkta 2°C ve 7°C'lik artma, serbest CO<sub>2</sub> miktarında azalmaya sebep olacak ve alkalinitenin Martta 7,6 mg/l-7,1 mg/l-24,16 mg/l. azalmasından sonra Nisan ayında 8 mg/l-2 mg/l-10 mg/l artmasına sebep olmaktadır. Mayıs ayında algal aktivitenin de artmasıyla CO<sub>2</sub> kullanımı fazlalaşacağı için alkalinitenin de 17 mg/l-8 mg/l artmasına sebep olmuş ve alkalinite en yüksek



değerlerine (125 mg/l-113 mg/l) ulaşmıştır. Bu yüksek değerlerin Haziran (121,6 mg/l-129,6 mg/l) ve Eylül (118 mg/l-123,8 mg/l) ayında da korunduğu görülmektedir. CO<sub>2</sub> kullanımının azalmasıyla ve sıcaklığın 6°C düşmesiyle ortamda serbest CO<sub>2</sub> miktarı tekrar çoğalmaya başlayacak ve alkalinitenin azalmasına sebep olacaktır. Nitekim Ekimde (8 mg/l-18 mg/l) azaldığı, Kasımda yine (7 mg/l-9 mg/l) azalmaya devam ettiği görülmektedir.

Göl suyu pH değerleri (7,2-7,9) arasında alkalinite ile birlikte değişmektedir.

#### 4.1.5. İletkenlik Toplam Katı Madde (T.K.M.)

Sudaki çözünmüş ve askıda madde miktarının olan T.K.M. değerleri Tablo 4-3'de gösterilmiştir. Tablodan en büyük değerlerin Ekim ayında ölçüldüğü görülmektedir. Yaz sonunda, hasat artıklarının hayvan yemi olarak kullanılması, toprağın çıplak olması Sonbaharda erozyonla taşınması madde miktarının artmasına sebep olmuştur. İlkbahar yağmurlarının daha yumuşak, sonbahar ve kış yağmurlarının daha şiddetli olması T.K.M. miktarını etkilemektedir. Ortalamalar kışın 297,9 mg/l, ilkbaharda 269,35 mg/l, yazın 273,3 mg/l, Sonbaharda 303,9 mg/l'dir. Yaz aylarının yağışlı geçmiş olması bu mevsimde de yüksek değer ölçülmesine sebep olmuştur.

Sudaki çözünmüş madde miktarının ölçüsü olan iletkenlik değerleri Tablo 4-3, Şekil 4-6'da görülmektedir. Göl suyunda yaygın olan iyonlar Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup> ve HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> iyonlarıdır. Cl<sup>-</sup> ve Ca<sup>2+</sup> iyonlarının değişimleri çok az olduğu için, iletkenliğe etki eden önemli iyon HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> iyonu olmaktadır. İletkenliğin yüksek olduğu dönemler, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>'in fazla olduğu, alkalinitenin yüksek olduğu dönemlerdir.



TABLO 4-1. Çözünmüş Oksijenin Doygunluk Değerleri /27/

| Sıcaklık (°C) | Çözünmüş Oksijen (mg/l) | Sıcaklık (°C) | Çözünmüş Oksijen (mg/l) |
|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|
| 0             | 14,62                   | 16            | 9,95                    |
| 2             | 13,84                   | 18            | 9,54                    |
| 4             | 13,13                   | 20            | 9,17                    |
| 6             | 12,48                   | 22            | 8,83                    |
| 8             | 11,87                   | 24            | 8,53                    |
| 10            | 11,33                   | 26            | 8,22                    |
| 12            | 10,83                   | 28            | 7,92                    |
| 14            | 10,37                   | 30            | 7,63                    |

TABLO 4-2. Denge CO<sub>2</sub> Değerleri/1/

| Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (miliekiv.) | Denge CO <sub>2</sub> (mg/l) | Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (miliekiv.) | Denge CO <sub>2</sub> (mg/l) |
|------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------|
| 0,5                                            | 0,15                         | 3,5                                            | 10,1                         |
| 1                                              | 0,6                          | 4                                              | 15,9                         |
| 1,5                                            | 1,2                          | 4,5                                            | 24,3                         |
| 2                                              | 2,5                          | 5                                              | 35,0                         |
| 2,5                                            | 4,0                          | 5,5                                            | 48,3                         |
| 3                                              | 6,5                          | 6,0                                            | 64,1                         |



TABLO 4-3. Limnolojik Karakteristikler

|              |   | Sıcaklık   |              | Secchi<br>Derinlik<br>( m ) | İletkenlik<br>( $\mu$ mho) | Toplam Katı<br>Madde<br>(mg / l) |
|--------------|---|------------|--------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|
|              |   | Su<br>(°C) | Hava<br>(°C) |                             |                            |                                  |
| 30<br>Ocak   | 1 | 6          | 6,5          | -                           | 258                        | 255,2                            |
|              | 2 |            |              | -                           | 217                        | 260                              |
|              | 3 |            |              | -                           | 200                        | 287,5                            |
| 20<br>Şubat  | 1 | 4          | 5,5          | 1,10                        | 200                        | 348,8                            |
|              | 2 |            |              | 1,25                        | 210                        | 310,6                            |
|              | 3 |            |              | 1,30                        | 215                        | 325,5                            |
| 19<br>Mart   | 1 | 6          | 8            | 0,50                        | 175                        | 253                              |
|              | 2 |            |              | 0,50                        | 180                        | 275,1                            |
|              | 3 |            |              | 0,60                        | 180                        | 242,3                            |
| 2<br>Nisan   | 1 | 13         | 15           | 1,40                        | 220                        | 277,7                            |
|              | 2 |            |              | 1,50                        | 248                        | 260,3                            |
|              | 3 |            |              | 1,40                        | 220                        | 250,8                            |
| 16<br>Nisan  | 1 | 12         | 15           | 1,0                         | 230                        | 300,8                            |
|              | 2 |            |              | 1,10                        | 225                        | 273,6                            |
|              | 3 |            |              | 1,20                        | 230                        | 290,6                            |
| 7<br>Mayıs   | 1 | 13         | 16           | 1,80                        | 296                        | 256,5                            |
|              | 2 |            |              | 1,95                        | 255                        | 270,7                            |
|              | 3 |            |              | 1,90                        | 273                        | 260,1                            |
| 6<br>Haziran | 1 | 24         | 28           | 1,75                        | 320                        | 284,4                            |
|              | 2 |            |              | 1,90                        | 338                        | 290,6                            |
|              | 3 |            |              | 1,80                        | 272                        | 295                              |
| 24<br>Eylül  | 1 | 24         | 28           | 1,40                        | 403                        | 265,2                            |
|              | 2 |            |              | 1,50                        | 390                        | 280,7                            |
|              | 3 |            |              | 1,40                        | 362                        | 258,3                            |
| 22<br>Ekim   | 1 | 18         | 21           | 1,20                        | 325                        | 335,4                            |
|              | 2 |            |              | 1,10                        | 359                        | 340,8                            |
|              | 3 |            |              | 1,05                        | 303                        | 312,1                            |
| 26<br>Kasım  | 1 | 12,5       | 15           | 1,40                        | 300                        | 290,6                            |
|              | 2 |            |              | 1,50                        | 260                        | 264,5                            |
|              | 3 |            |              | 1,50                        | 318                        | 280                              |



ABLO 4-4. Limnolojik Karakteristikler ve Organik Madde  
Kollektif Parametreleri

|              |   | Çözünmüş<br>Oksijen | pH  | Alkalini-<br>te<br>(mg/l<br>CaCO <sub>3</sub> ) | KOI<br>(mg/l) | BOI<br>(mg/l) |
|--------------|---|---------------------|-----|-------------------------------------------------|---------------|---------------|
| 30<br>Ocak   | 1 | 11,8                | 7,3 | 102                                             | 31,36         | -             |
|              | 2 | 11,6                |     | 98                                              | 23,5          | -             |
|              | 3 | 11,8                |     | 106                                             | 27,5          | -             |
| 20<br>Şubat  | 1 | 12,4                | 7,4 | 121                                             | 27,5          | 6             |
|              | 2 | 12,6                |     | 111                                             | 21,6          | 5,2           |
|              | 3 | 12,6                |     | 109                                             | 23,5          | 5             |
| 19<br>Mart   | 1 | 11,2                | 7,2 | 94,9                                            | 40,3          | 5,6           |
|              | 2 | 11,4                |     | 90,9                                            | 32,9          | 6             |
|              | 3 | 11,2                |     | 84,8                                            | 29,3          | 4,4           |
| 2<br>Nisan   | 1 | 9,4                 | 7,4 | 103                                             | 39,8          | 6             |
|              | 2 | 9,6                 |     | 88,8                                            | 32,0          | 6,4           |
|              | 3 | 9,4                 |     | 90,9                                            | 27,8          | 6,4           |
| 16<br>Nisan  | 1 | 9,4                 | 7,4 | 109                                             | 35,5          | 6,4           |
|              | 2 | 9,6                 |     | 105                                             | 23,7          | 7,2           |
|              | 3 | 9,6                 |     | 105                                             | 27,6          | 7,6           |
| 7<br>Mayıs   | 1 | 9,5                 | 7,6 | 125                                             | 35,56         | 7,84          |
|              | 2 | 9,6                 |     | 113                                             | 31,6          | 6,4           |
|              | 3 | 9,5                 |     | 113                                             | 35,5          | 6,04          |
| 6<br>Haziran | 1 | 8,5                 | 7,9 | 121,6                                           | 37,18         | 7,2           |
|              | 2 | 8,6                 |     | 129,6                                           | 41,32         | 5,6           |
|              | 3 | 8,5                 |     | 126,4                                           | 37,2          | 8             |
| 24<br>Eylül  | 1 | 8,4                 | 7,8 | 118,1                                           | 35,7          | 6,4           |
|              | 2 | 8,6                 |     | 121,9                                           | 27,7          | 6,4           |
|              | 3 | 8,4                 |     | 123,8                                           | 31,7          | 5,8           |
| 22<br>Ekim   | 1 | 9,2                 | 7,7 | 110,9                                           | 39,2          | 6,4           |
|              | 2 | 9,2                 |     | 112,8                                           | 31,36         | 5,6           |
|              | 3 | 9,2                 |     | 104,3                                           | 35,28         | 6             |
| 26<br>Kasım  | 1 | 10,6                | 7,5 | 101,3                                           | 32,38         | 6,8           |
|              | 2 | 10,6                |     | 105,9                                           | 28            | 6,4           |
|              | 3 | 10,6                |     | 107,8                                           | 24,3          | 5,6           |



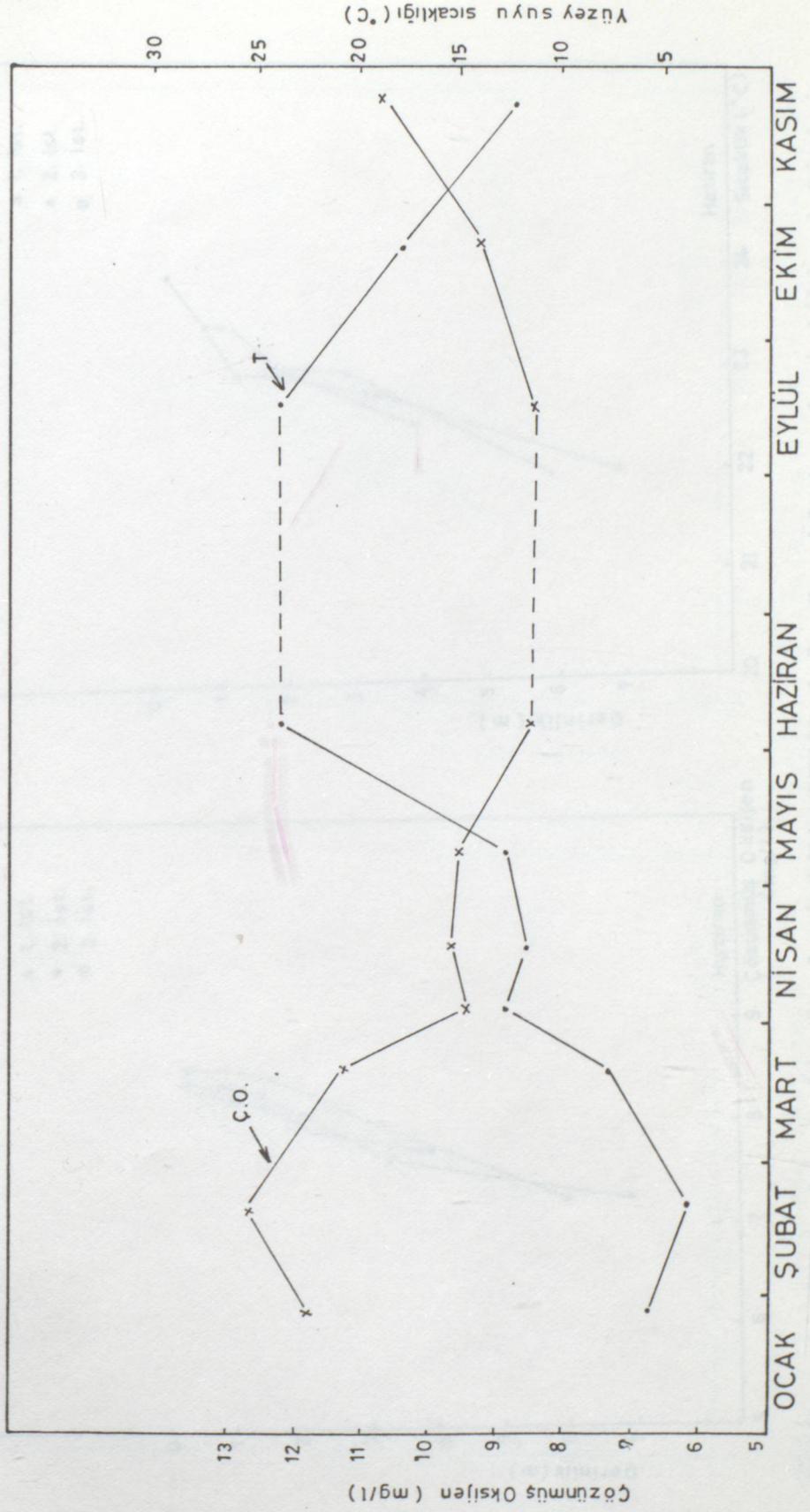
TABLO 4-5, 4-6. Ç.O. ve Sıcaklığın Derinliğe Bağlı Değerleri  
HAZİRAN

|               | 1. İstasyon             |               | 2. İstasyon             |               | 3. İstasyon             |               |
|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|---------------|
|               | Çözünmüş Oksijen (mg/l) | Sıcaklık (°C) | Çözünmüş Oksijen (mg/l) | Sıcaklık (°C) | Çözünmüş Oksijen (mg/l) | Sıcaklık (°C) |
| Yüzey (0,4 m) | 8,5                     | 24            | 8,6                     | 24            | 8,5                     | 24            |
| 1 m           | 8,2                     | 23,5          | 8,6                     | 23,5          | 8,4                     | 23,5          |
| 1,5 m         | 8                       | 23,5          | 8,5                     | 23,5          | 8,2                     | 23            |
| 2 m           |                         |               | 8,4                     | 23            | 8                       | 23            |
| Orta D.       | 8<br>(2 m)              | 23            | 7,9<br>(3 m)            | 23            | 7,4<br>(3,5 m)          | 22,8          |
| Dip           | 7,6<br>(4 m)            | 22,5          | 7<br>(6 m)              | 22            | 7<br>(7 m)              | 22            |

EKİM

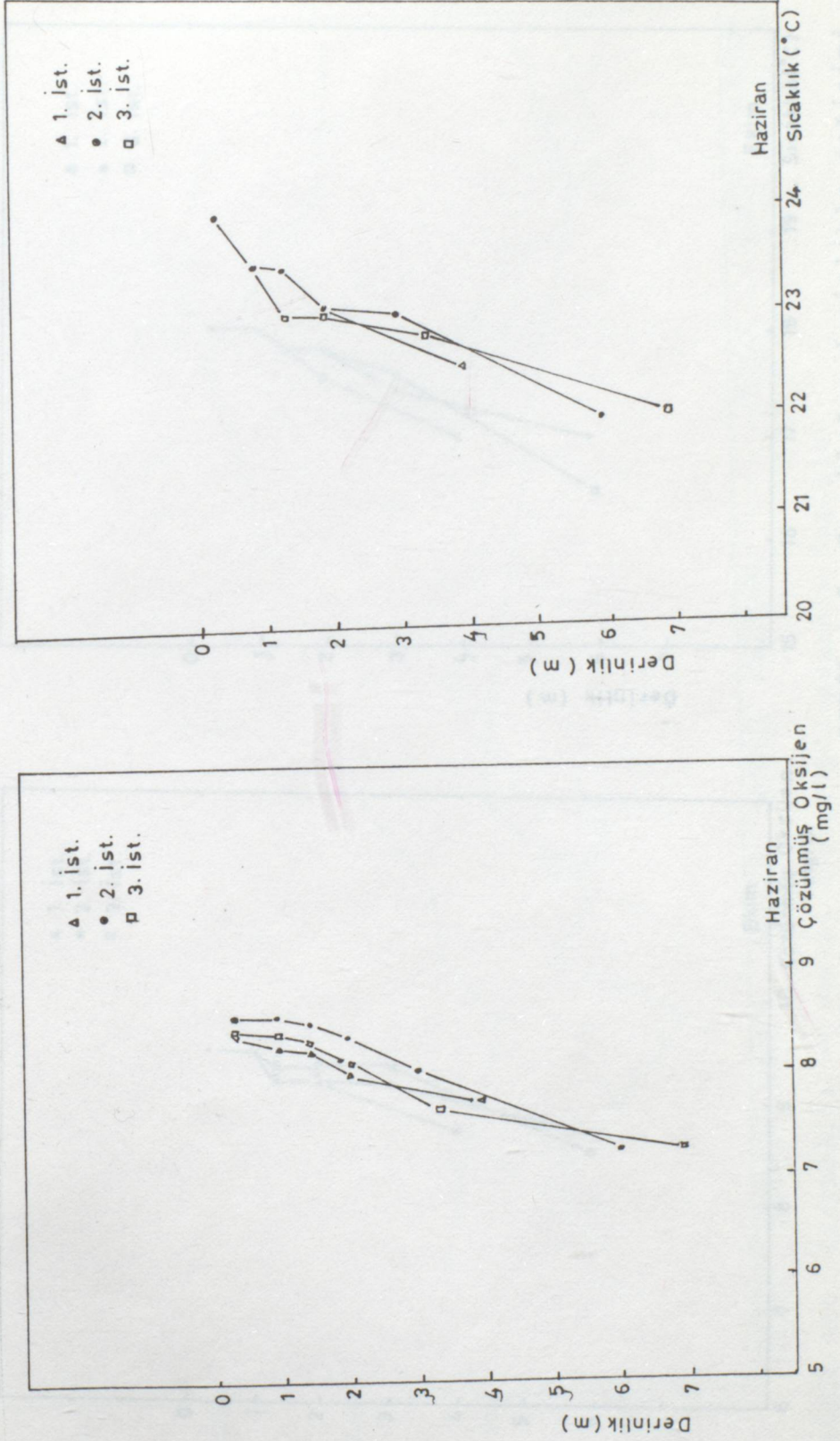
|               | 1. İstasyon             |               | 2. İstasyon             |               | 3. İstasyon             |               |
|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|---------------|
|               | Çözünmüş Oksijen (mg/l) | Sıcaklık (°C) | Çözünmüş Oksijen (mg/l) | Sıcaklık (°C) | Çözünmüş Oksijen (mg/l) | Sıcaklık (°C) |
| Yüzey (0,4 m) | 9,2                     | 18            | 9,2                     | 18            | 9,2                     | 18            |
| 1 m           | 9,2                     | 18            | 9,2                     | 18            | 9,2                     | 18            |
| 1,5           | 9                       | 17,8          | 9                       | 17,8          | 9,1                     | 17,8          |
| 2 m           |                         |               | 9                       | 17,8          | 9,1                     | 17,8          |
| Orta D.       | 9<br>(2 m)              | 17,6          | 8,8<br>(3 m)            | 17,5          | 9<br>(3 m)              | 17,6          |
| Dip           | 8,4<br>(4 m)            | 17            | 8,4<br>(6 m)            | 17            | 8,2<br>(6 m)            | 16,5          |





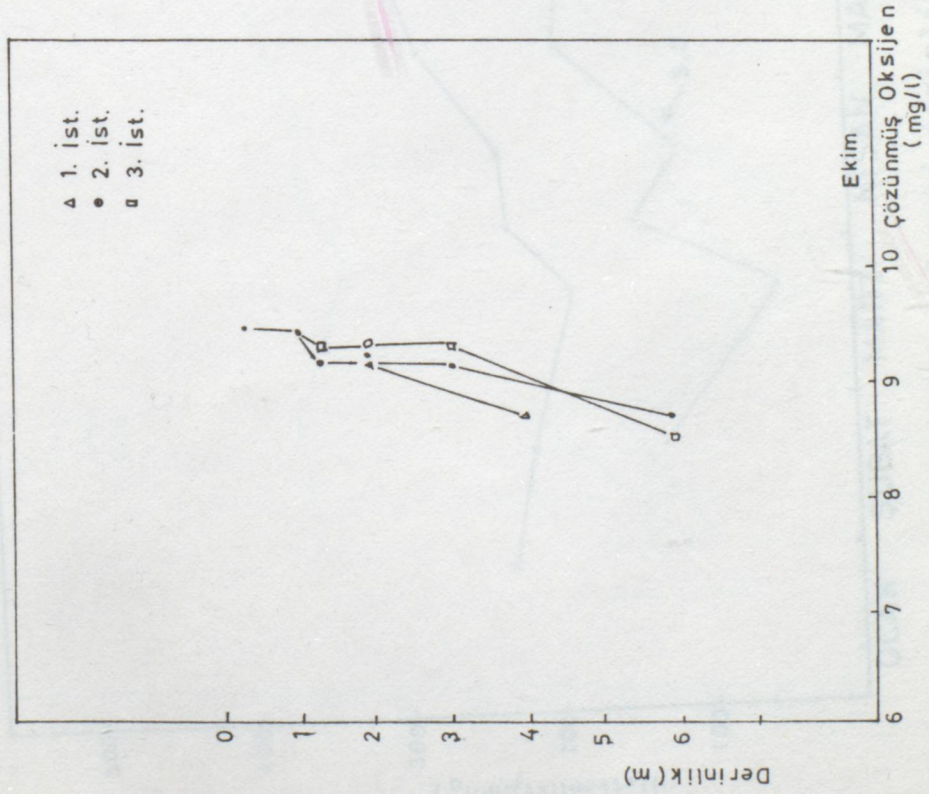
ŞEKİL 4-1. Yüzey suyu sıcaklığı ve çözünmüş oksijenin zamanla değişimi



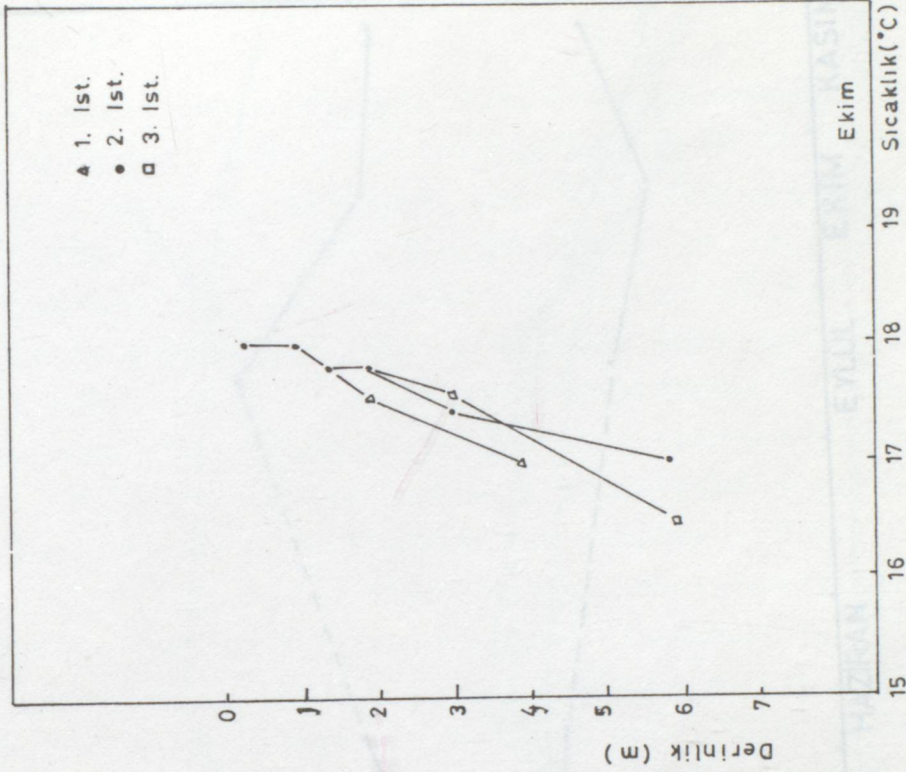


ŞEKİL 4-2. Çözünmüş oksijenin derinlikteŞEKİL 4-3. Sıcaklığın derinlikle değişimi



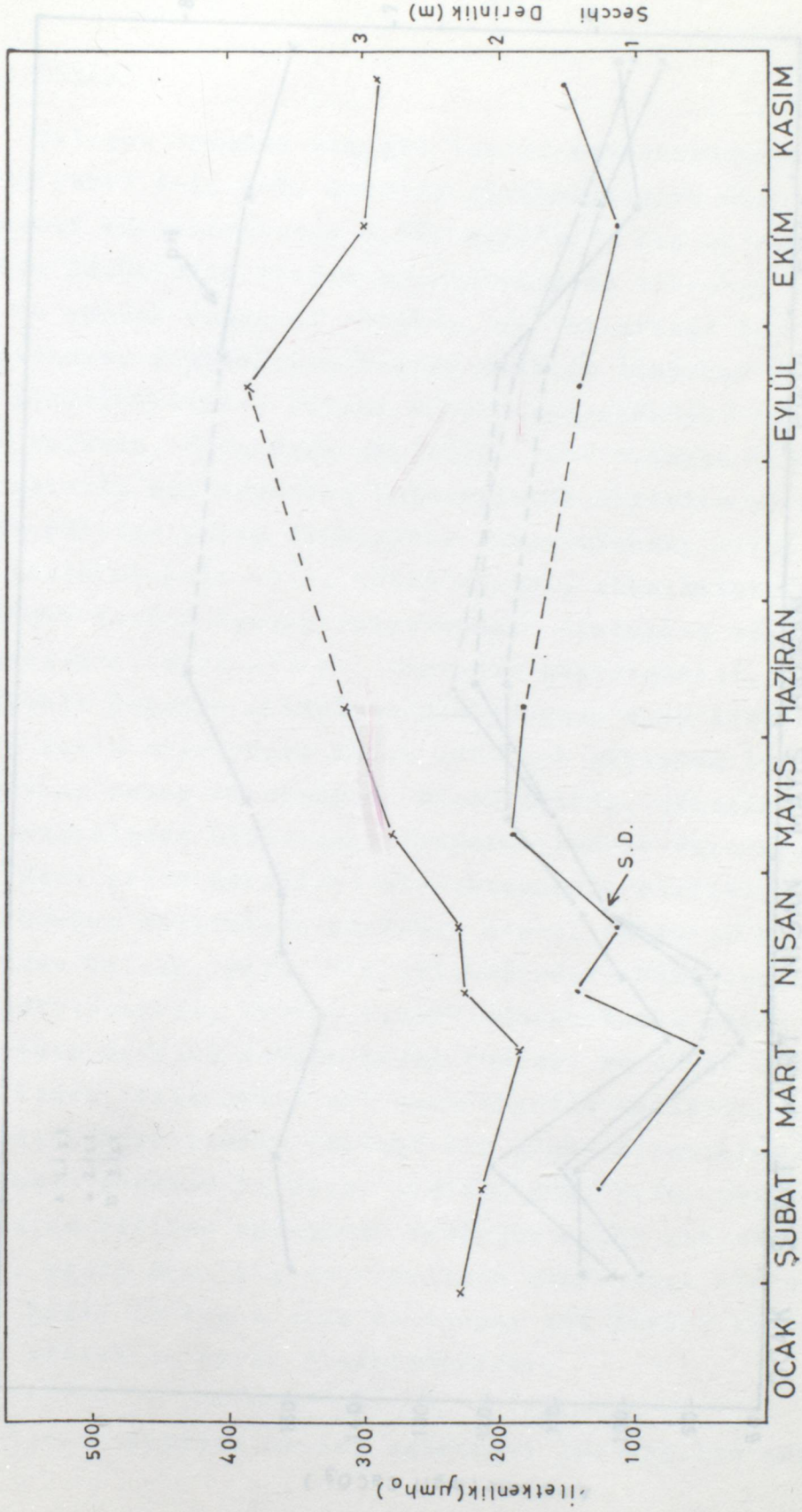


ŞEKİL 4-4. Çözünmüş oksijenin derinlikle değişimi



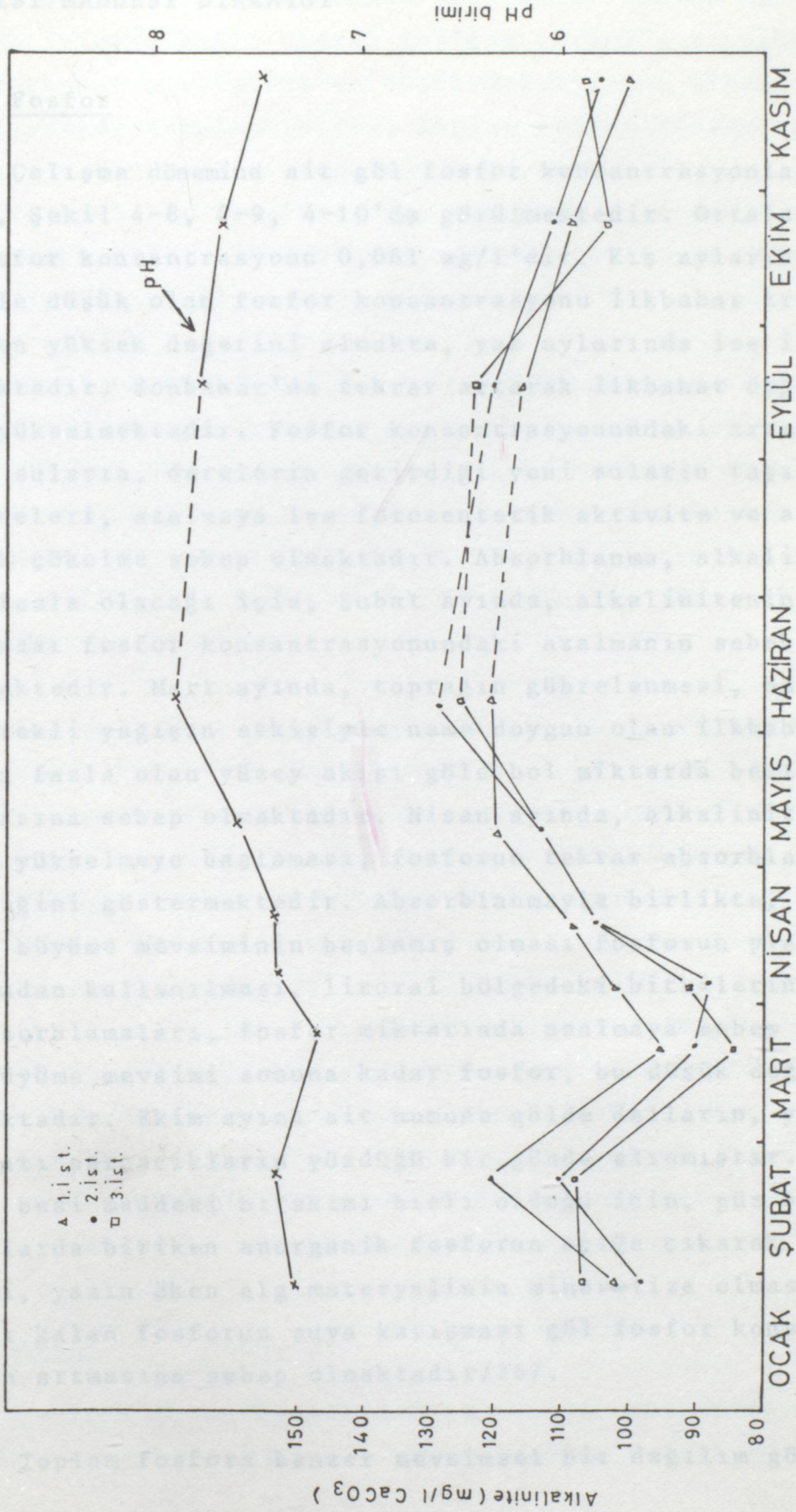
ŞEKİL 4-5. Sıcaklığın derinlikle değişimi





ŞEKİL 4-6. İletkenlik ve Secchi derinliğinin zamanla değişimi





ŞEKİL 4-7. Alkalinite ve pH'nin zamanla değişimi



#### 4.2. BESİ MADDESİ DİNAMIĞI

##### 4.2.1. Fosfor

Çalışma dönemine ait göl fosfor konsantrasyonları Tablo 4-7, Şekil 4-8, 4-9, 4-10'da görülmektedir. Ortalama toplam fosfor konsantrasyonu 0,061 mg/l'dir. Kış aylarında genellikle düşük olan fosfor konsantrasyonu ilkbahar kritik dönemde en yüksek değerini almakta, yaz aylarında ise iyice azalmaktadır. Sonbahar'da tekrar artarak ilkbahar değerine kadar yükselmektedir. Fosfor konsantrasyonundaki artmaya, yüzeysel suların, derelerin getirdiği yeni suların taşıdığı besin maddeleri, azalmaya ise fotosentetik aktivite ve absorblanarak çökme sebep olmaktadır. Absorblanma, alkali ortamlarda fazla olacağı için, Şubat ayında, alkalinitenin de artmış olması fosfor konsantrasyonundaki azalmanın sebebi olarak görülmektedir. Mart ayında, toprağın gübrelenmesi, hafif fakat sürekli yağışın etkisiyle neme doymuş olan ilkbahar toprağında fazla olan yüzey akışı göle bol miktarda besin maddesi taşınmasına sebep olmaktadır. Nisan ayında, alkalinitenin, tekrar yükselmeye başlaması, fosforun tekrar absorblanarak çökeldiğini göstermektedir. Absorblanmayla birlikte, Mayıs ayında büyüme mevsiminin başlamış olması fosforun planktonlar tarafından kullanılması, litoral bölgedeki bitkilerin de fosfor absorblamaları, fosfor miktarında azalmaya sebep olmaktadır. Büyüme mevsimi sonuna kadar fosfor, bu düşük değerini korumaktadır. Ekim ayına ait numune gölde dalların, yaprakların, katı parçacıkların yüzdüğü bir günde alınmıştır. Yaprakların, besin maddesi bırakımı hızlı olduğu için, güz başında yapraklarda biriken anorganik fosforun açığa çıkarak suya geçmesi, yazın öken alg materyalinin mineralize olmasıyla serbest kalan fosforun suya karışması göl fosfor konsantrasyonunun artmasına sebep olmaktadır/26/.

Toplam fosfora benzer mevsimsel bir dağılım gösteren



çözünmüş orto fosfat fosforunun ortalaması 0,0286 mg/l'dir. Algal aktiviteye bağlı olarak değişen çözünmüş ortofosfat fosforu büyüme mevsiminde en düşük değerlerini almaktadır. Alg bünyesinde tutulan fosfor, toplam fosfor kapsamına gireceği için yazın toplam fosforun da azalmış olması, algal kullanım ile birlikte absorblanarak çökelmenin de etkili olduğunu göstermektedir. Göl suyu pH'sıda absorblanmaya en uygun değerde (pH=7,2-7,9) bulunmaktadır.

Süzülmüş ve süzülmemiş örneklerde yapılan toplam fosfor tayinleri arasındaki fark partiküler fosfor değeri olarak alındı. Mayıs, Haziran, Eylül aylarında süzülmüş numunedeki fosfor miktarları ölçülemediği için partiküler fosfor ve organik fosfor değerleri bulunamadı. Partikül fosforun yaz aylarında ölçülememiş olması da absorblanmanın fazla olduğunu göstermektedir.

Toplam fosfor ve çözünmüş ortofosfatın derinlikle değişimi Tablo 4-8, 4-9, Şekil 4-11, 4-12, 4-13, 4-14'de görülmektedir. Hem toplam fosforun hem çözünmüş orto fosfat fosforunun derinlikle arttığı görülmektedir. Fosfor suyun hareketiyle birlikte kolayca yayılarak derinlere kadar ulaşabilmektedir. Ayrıca absorblanarak çöken fosfor, çöken fitoplanktonların mineralizasyonu ile serbest kalan fosfor ve sedimentteki bentik organizmaların hareketinin sebep olduğu çalkalanmayla çökeltiden suya karışan fosfor hem çözünmüş orto fosfat fosforun hem de toplam fosforun derinlerdeki artmasına sebep olmaktadır. Besi maddesi çevrimine engel olacak termoklin tabakasının bulunmaması da fosforun düşey doğrultuda kolayca yayılmasında etkili olmaktadır/1,3,24,35/.

#### 4.2.2. Azot

Çalışma dönemine ait toplam fosfor, anorganik azot ve organik azot şekillerine ait konsantrasyon değerleri Tablo



4-10, Şekil 4-15, 4-16, 4-17'de görülmektedir. Ortalama toplam azot 4,268 mg/l'dir ve amonyak azotu ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) ile nitrat azotunun ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) mevsimsel değişimine bağlı bir dağılımı göstermektedir. Azotlu organin maddenin ayrışmasından ve ürenin hidrolizinden gelen amonyak, oksijenli sularda nitrifikasyon bakterileriyle nitrata çevrilir ve pratikte nitrat birikir. Organik maddenin ayrışması heteretrof bakterilerle olmasına rağmen nitrifikasyon bakterileri ototroftur. Nitrifikasyon hızı sıcaklıkla artar ve nitrifikasyon sırasında alkalinite harcanır/7/. Şubat ayında alkalinitenin yüksek olması, çalışma döneminin en düşük sıcaklığının ( $4^\circ\text{C}$ ) ölçülmüş olması ve amonyağın fazla ölçülmüş olması, nitrifikasyon hızının çok yavaş olduğunu düşündürmektedir. Aynı zamanda Ocak-Şubat ayları tahıl ekiminde azotlu gübrenin 2. yarısının verildiği dönemdir. Kullanılan gübre cinsine göre azot miktarlarında artmaya sebep olmaktadır. Mart ayında, göl senelik su gelişimindeki en büyük değere ulaşmış, göle gelen yeni sular bol miktarda besin maddesi göle taşıyarak toplam azotun yüksek değerlerini korumasında etkili olmuştur. Nisan ayında yağışların azalmasıyla  $\text{NH}_3\text{-N}$  ve  $\text{NO}_3\text{-N}$  hafif dalgalanmalar göstererek azalmaktadır. Nitratın kompleks yapma eğiliminin çok az olması, amonyağın kompleks etkisinin önemsenmeyecek miktarlarda olması/10/ sebebiyle anorganik azotta görülen azalmalar fotosentetik aktiviteyle ilgili gözükmemektedir. Büyüme mevsimi sonunda, Eylül'de de anorganik azotun düşük değerlerini koruduğu görülmektedir. Ekim ayına ait numune ağır sağanak yağışların hemen ardından alınmıştır. Hızlı yağın yağmurun nemli yağmurlarda çözülme hızını artırdığı ve göle gelen erozyon materyalinin de arttığı görülmektedir. Toprağın yeni gübrelenmiş olması, yapraklarda biriken anorganik azotun suya geçmesi, toprakta tutulan amonyağın erozyon materyali ile göle taşınması ve büyüme mevsiminin sona ermesiyle yazın çöken alg materyalinin mineralizasyon ile tekrar suya geçmesi anorganik ve toplam azotta artmaya sebep olmaktadır/26,35/.



Göle ait mevsimlik anorganik azot dağılımı aşağıda gösterilmiştir.

|         | $\text{NO}_3 - \text{N}$<br>(mg/l) | $\text{NO}_3$<br>(mg/l) | $\text{NH}_3 - \text{N}$<br>(mg/l) | $\text{NH}_3$<br>(mg/l) | $\text{NO}_2 - \text{N}$<br>( $\mu\text{g/l}$ ) | $\text{NO}_2$<br>( $\mu\text{g/l}$ ) |
|---------|------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------|
| KIŞ     | 1,073                              | 4,75                    | 1,98                               | 2,415                   |                                                 |                                      |
| BAHAR   | 1,202                              | 5,404                   | 1,137                              | 1,387                   |                                                 |                                      |
| YAZ     | 0,9227                             | 4,087                   | 0,663                              | 0,808                   | 10,16                                           | 5,08<br>(Eylül)                      |
| S.BAHAR | 1,864                              | 8,2575                  | 2,25                               | 2,745                   | 9,08                                            | 4,54                                 |

Alkali sularda nitrifikasyonun yavaş olması sebebiyle nitrifikasyonun ara basamağı olan  $\text{NO}_2$  birikimine sebep olacak amonyak fazlalığı olmamasına rağmen göl suyundaki amonyak fizyolojik aktivitenin etkisini göstermektedir.

$\text{NO}_3 - \text{N}$  ve  $\text{NH}_3 - \text{N}$ 'nin derinlikle değişimi Tablo 4-8, 4-9, Şekil 4-18, 4-19, 4-20, 4-21'de görülmektedir.  $\text{NH}_3 - \text{N}$ , derinlikle artarken  $\text{NO}_3 - \text{N}$  da artma ve azalma birlikte görülmektedir. Suyun hareketiyle hem  $\text{NH}_3 - \text{N}$ , hem  $\text{NO}_3 - \text{N}$  su içinde yayılmaktadır. Fitoplanktonun mineralizasyonu ile serbest bırakılan azot, amonyak ve organik şekillerdedir ve dip çökeltisinde absorblanan veya çökelti üstünde biriken amonyanın serbest bırakılması ile birlikte  $\text{NH}_3 - \text{N}$ 'nin artmasına sebep olmaktadır. Ekim ayında,  $\text{NH}_3 - \text{N}$  ve  $\text{NO}_3 - \text{N}$ 'da orta derinlikte büyük değerler ölçülmüştür. Su geliminin fazla olduğu bu ayda, Karamandere'nin getirdiği suların, yüzey suyu sıcaklığından daha düşük sıcaklıkta olması, dere suyunun, göl suyuna yüzeyden daha derinde karışmasına sebep olmaktadır/1,7,16,35/.

#### 4.2.3. Organik Madde

Doğal sulardaki organik maddeler, farklı yapıdaki maddelerden meydana geldiklerinden kollektif parametreler olan BOI, KOI ve TOK kullanılır. Göl suyunda  $\text{BOI}_5$  değeri mevsimsel



belirgin bir değişme olmadan 6 mg/l olarak bulundu (Tablo 4-4, Şekil 4-22). Temiz yüzeysel sularda  $BOI_5 = 2$  mg/l olması ve  $BOI_5 = 4$  mg/l değeri kirlilik sınırını gösterdiği için göl suyunun  $BOI_5 = 6$  mg/l değeri göl suyu kalitesinin bozulmaya başladığını göstermektedir/12/.

Göl ortalama KOI değeri ise 31,7 mg/l olarak bulunmuştur (Tablo 4-4, Şekil 4-22). Alıcı ortama aşırı biyokimyasal yük vermeyen bileşiklerde KOI kapsamına girmektedir. Göl suyu KOI değerleri ortalama değer etrafında bir dağılım göstermektedirler. KOI/ $BOI_5$  oranı Ocak, Şubat, Mart aylarında  $\approx 5$ , Nisan, Eylül, Kasım aylarında  $\approx 6$ , Mayıs, Haziran, Ekim aylarında  $\approx 7$  bulunmuştur.  $BOI_5$  deneyinde önce karbonlu organik maddeler bozunduğu için ve Mayıs, Haziran, Ekim aylarında KOI/ $BOI_5$  oranının diğer aylardan büyük olması, bu aylarda karbonlu organik maddenin yanında azotlu organik maddenin fazla olduğunu göstermektedir. Bitkisel kökenli organik maddenin biyolojik ayrışmaya karşı dirençli olması  $BOI_5$  değerine etki etmezken, KOI kapsamına girecek ve ek bir yük verecektir. Aynı zamanda, yazın, alkali sularda organik maddenin oksidasyonunun yavaş olması, organik maddenin kalıcı olmasına sebep olmaktadır/1,10/.

Organik madde miktarı özellikle oligotrofik göllerde su ortamındaki toplulukların aktivitesinden bağımsızken, dinamik ekosistemlerde ötrofikasyon derecesine göre önce heterotrofik mikroorganizmalarla, sonra fitoplanktonla artar/21/. Bu bakış açısından, çözünmüş organik ve partiküler azot ve fosforunun belli bir dağılım göstermemesi, organik madde miktarında fitoplanktonların etkisinin önemsiz olduğunu göstermektedir. Ancak 1984 yaz mevsimi, mevsim normallerinin ötesinde yağışlı geçmiştir. (Haziran: 68 mm, Temmuz: 57 mm, Ağustos: 72 mm). Kurak ve sıcak geçen bir yaz döneminde şartların değişmesi mümkün görölmektedir.



TABLO 4-7. Yüzey Suyu Fosfor Bileşiklerinin Alt Değerler

4.2.4. Diğer Çözünmüş Maddeler

Göl suyunda ölçülen anyon ve katyonlar Tablo 4-11, Şekil 4-24'de görülmektedir. Yaygın olan iyonlar  $Ca^{2+}$ ,  $Cl^{-}$  ve  $HCO_3^{-}$  iyonlarıdır. Sudaki reaksiyonlarda, karışma ve difüzyon olayları yavaş olduğu için anyon ve katyonların yaklaşık olarak dengelendiği görülmektedir. Eser elementler ve fotosentezde kullanılan besin maddeleri de dengelenmeyen durumlara sebep olabilmektedir.

|       |   |        |       | Parr. P<br>(mg/l) | Top. P<br>(mg/l) |
|-------|---|--------|-------|-------------------|------------------|
| 30    |   |        |       |                   |                  |
| 19    |   |        |       |                   |                  |
| 30.11 | 2 | 0,029  | 0,008 | 0,020             | 0,060            |
|       | 3 | 0,033  | 0,010 | 0,023             | 0,070            |
|       | 1 | 0,030  | 0,012 | 0,025             | 0,125            |
| 2     | 2 | 0,034  | 0,043 | 0,030             | 0,140            |
| 2     | 3 | 0,036  | 0,076 | 0,053             | 0,155            |
|       | 1 | 0,037  | 0,067 | 0,053             | 0,090            |
| 16    | 2 | 0,0125 | 0,023 | 0,020             | 0,055            |
| 16    | 3 | 0,0166 | 0,015 | 0,030             | 0,070            |
|       | 1 | 0,005  |       |                   | 0,010            |
| 7     | 2 | 0,004  |       |                   | 0,020            |
| 7     | 3 | 0,0043 |       |                   | 0,023            |
|       | 1 | 0,0083 |       |                   | 0,010            |
| 6     | 2 | 0,0062 |       |                   | 0,043            |
| 6     | 3 | 0,0050 |       |                   | 0,040            |
|       | 1 | 0,0047 |       |                   | 0,0130           |
| 24    | 2 | 0,0045 |       |                   | 0,018            |
| 24    | 3 | 0,0058 |       |                   | 0,020            |
|       | 1 | 0,0416 | 0,004 | 0,015             | 0,075            |
| 22    | 2 | 0,0423 | 0,010 | 0,015             | 0,095            |
|       | 3 | 0,030  | 0,013 | 0,030             | 0,115            |
|       | 1 | 0,043  | 0,015 | 0,035             | 0,100            |
| 26    | 2 | 0,030  | 0,010 | 0,020             | 0,090            |
| 26    | 3 | 0,058  | 0,009 | 0,010             | 0,085            |



TABLO 4-7. Yüzey Suyu Fosfor Bileşiklerine Ait Değerler

|              |   | PO <sub>4</sub> -P<br>(mg/l) | Org-P<br>(mg/l) | Part.P<br>(mg/l) | Top.P<br>(mg/l) |
|--------------|---|------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 30<br>Ocak   | 1 | 0,0258                       |                 |                  | 0,038           |
|              | 2 | 0,030                        |                 |                  | 0,047           |
|              | 3 | 0,021                        |                 |                  | 0,043           |
| 20<br>Şubat  | 1 | 0,017                        |                 | 0,013            | 0,033           |
|              | 2 | 0,021                        |                 | 0,012            | 0,042           |
|              | 3 | 0,017                        |                 | 0,013            | 0,038           |
| 19<br>Mart   | 1 | 0,0375                       | 0,007           | 0,010            | 0,055           |
|              | 2 | 0,029                        | 0,008           | 0,020            | 0,060           |
|              | 3 | 0,033                        | 0,010           | 0,025            | 0,070           |
| 2<br>Nisan   | 1 | 0,050                        | 0,030           | 0,035            | 0,125           |
|              | 2 | 0,054                        | 0,043           | 0,030            | 0,140           |
|              | 3 | 0,058                        | 0,026           | 0,055            | 0,155           |
| 16<br>Nisan  | 1 | 0,037                        | 0,007           | 0,015            | 0,060           |
|              | 2 | 0,0125                       | 0,023           | 0,020            | 0,065           |
|              | 3 | 0,0166                       | 0,015           | 0,030            | 0,070           |
| 7<br>Mayıs   | 1 | 0,005                        |                 |                  | 0,018           |
|              | 2 | 0,004                        |                 |                  | 0,027           |
|              | 3 | 0,0043                       |                 |                  | 0,023           |
| 6<br>Haziran | 1 | 0,0083                       |                 |                  | 0,035           |
|              | 2 | 0,0062                       |                 |                  | 0,045           |
|              | 3 | 0,0050                       |                 |                  | 0,040           |
| 24<br>Eylül  | 1 | 0,0047                       |                 |                  | 0,0136          |
|              | 2 | 0,0045                       |                 |                  | 0,018           |
|              | 3 | 0,0058                       |                 |                  | 0,023           |
| 22<br>Ekim   | 1 | 0,0416                       | 0,004           | 0,015            | 0,075           |
|              | 2 | 0,0625                       | 0,010           | 0,015            | 0,095           |
|              | 3 | 0,050                        | 0,015           | 0,030            | 0,115           |
| 26<br>Kasım  | 1 | 0,045                        | 0,015           | 0,035            | 0,100           |
|              | 2 | 0,050                        | 0,010           | 0,020            | 0,090           |
|              | 3 | 0,058                        | 0,009           | 0,010            | 0,085           |



TABLO 4-10. Yüzey Suyu Azot Bileşiklerine Ait Değerler

|              |   | NH <sub>3</sub> -N<br>(mg/l) | NO <sub>3</sub> -N<br>(mg/l) | Org-N<br>(mg/l) | Part.N<br>(mg/l) | Top.N<br>(mg/l) |
|--------------|---|------------------------------|------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 30<br>Ocak   | 1 | 1,689                        | 1,083                        | 1,265           |                  | 4,019           |
|              | 2 | 1,544                        | 1,048                        | 1,529           |                  | 4,121           |
|              | 3 | 1,447                        | 1,055                        | 1,848           |                  | 4,343           |
| 20<br>Şubat  | 1 | 2,46                         | 0,83                         | 1,32            | 0,77             | 4,61            |
|              | 2 | 2,34                         | 1,097                        | 1,44            | 0,75             | 4,877           |
|              | 3 | 2,45                         | 1,326                        | 1,375           | 0,605            | 5,151           |
| 19<br>Mart   | 1 | 1,58                         | 1,0138                       | 2,02            | 1,102            | 4,61            |
|              | 2 | 0,87                         | 2,638                        | 1,848           | 1,159            | 5,356           |
|              | 3 | 1,089                        | 1,59                         | 1,709           | 1,164            | 4,388           |
| 2<br>Nisan   | 1 | 0,99                         | 0,819                        | 1,645           | 1,037            | 3,454           |
|              | 2 | 1,256                        | 0,68                         | 1,196           | 0,726            | 3,132           |
|              | 3 | 1,096                        | 0,625                        | 1,378           | 0,8586           | 3,099           |
| 16<br>Nisan  | 1 | 1,042                        | 1,173                        | 1,14            | 0,734            | 3,355           |
|              | 2 | 1,192                        | 1,145                        | 0,876           | -                | 3,2138          |
|              | 3 | 1,124                        | 1,145                        | 1,0             | 0,711            | 3,2698          |
| 7<br>Mayıs   | 1 | 0,884                        | 0,937                        | 1,912           | 1,279            | 3,733           |
|              | 2 | 1,367                        | 0,95                         | 1,559           | 1,036            | 3,09            |
|              | 3 | 0,572                        | 0,95                         | 1,74            | 1,25             | 3,262           |
| 6<br>Haziran | 1 | 0,67                         | 0,8                          | 2,71            | 1,746            | 4,18            |
|              | 2 | 0,62                         | 0,67                         | 2,44            | 1,639            | 3,73            |
|              | 3 | 0,74                         | 1,089                        | 2,125           | 1,9              | 3,95            |
| 24<br>Eylül  | 1 | 0,386                        | 0,84                         | 1,17            | -                | 2,408           |
|              | 2 | 0,36                         | 0,979                        | 1,408           | 0,93             | 2,757           |
|              | 3 | 0,37                         | 1,09                         | 1,3367          | 0,89             | 2,802           |
| 22<br>Ekim   | 1 | 2,6                          | 2,36                         | 1,11            | 0,73             | 6,084           |
|              | 2 | 2,1                          | 2,14                         | 1,03            | 1,06             | 5,279           |
|              | 3 | 2,8                          | 1,826                        | 1,47            | 1,01             | 6,097           |
| 26<br>Kasım  | 1 | 2,04                         | 1,74                         | 1,22            | 0,837            | 5,009           |
|              | 2 | 1,94                         | 1,75                         | 1,45            | 1,01             | 5,148           |
|              | 3 | 2,02                         | 1,37                         | 1,29            | 0,89             | 4,686           |



TABLO 4-11. Yüzey Suyu Çözünmüş Madde Konsantrasyonları

TABLO 4-8,4-9. Azot ve Fosfor Bileşiklerinin Derinliğe Bağlı Değerleri  
HAZİRAN

|                              | 1.İstasyon       |                    |              | 2.İstasyon       |                  |              | 3.İstasyon       |                    |              |
|------------------------------|------------------|--------------------|--------------|------------------|------------------|--------------|------------------|--------------------|--------------|
|                              | Yüzey<br>(0,4 m) | Orta Der.<br>(2 m) | Dip<br>(4 m) | Yüzey<br>(0,4 m) | Orta D.<br>(3 m) | Dip<br>(6 m) | Yüzey<br>(0,4 m) | Orta D.<br>(3,5 m) | Dip<br>(7 m) |
| PO <sub>4</sub> -P<br>(mg/l) | 0,005            | 0,020              | 0,045        | 0,004            | 0,016            | 0,0369       | 0,0048           | 0,024              | 0,049        |
| Top.P.<br>(mg/l)             | 0,018            | 0,045              | 0,118        | 0,027            | 0,054            | 0,109        | 0,023            | 0,050              | 0,090        |
| NH <sub>3</sub> -N<br>(mg/l) | 0,67             | 1,917              | 2,8          | 0,62             | 1,655            | 2,4          | 0,74             | 1,99               | 2,26         |
| NO <sub>3</sub> -N<br>(mg/l) | 0,8              | 0,69               | 1,75         | 0,67             | 1,21             | 1,06         | 1,089            | 1,206              | 1,36         |

EKİM

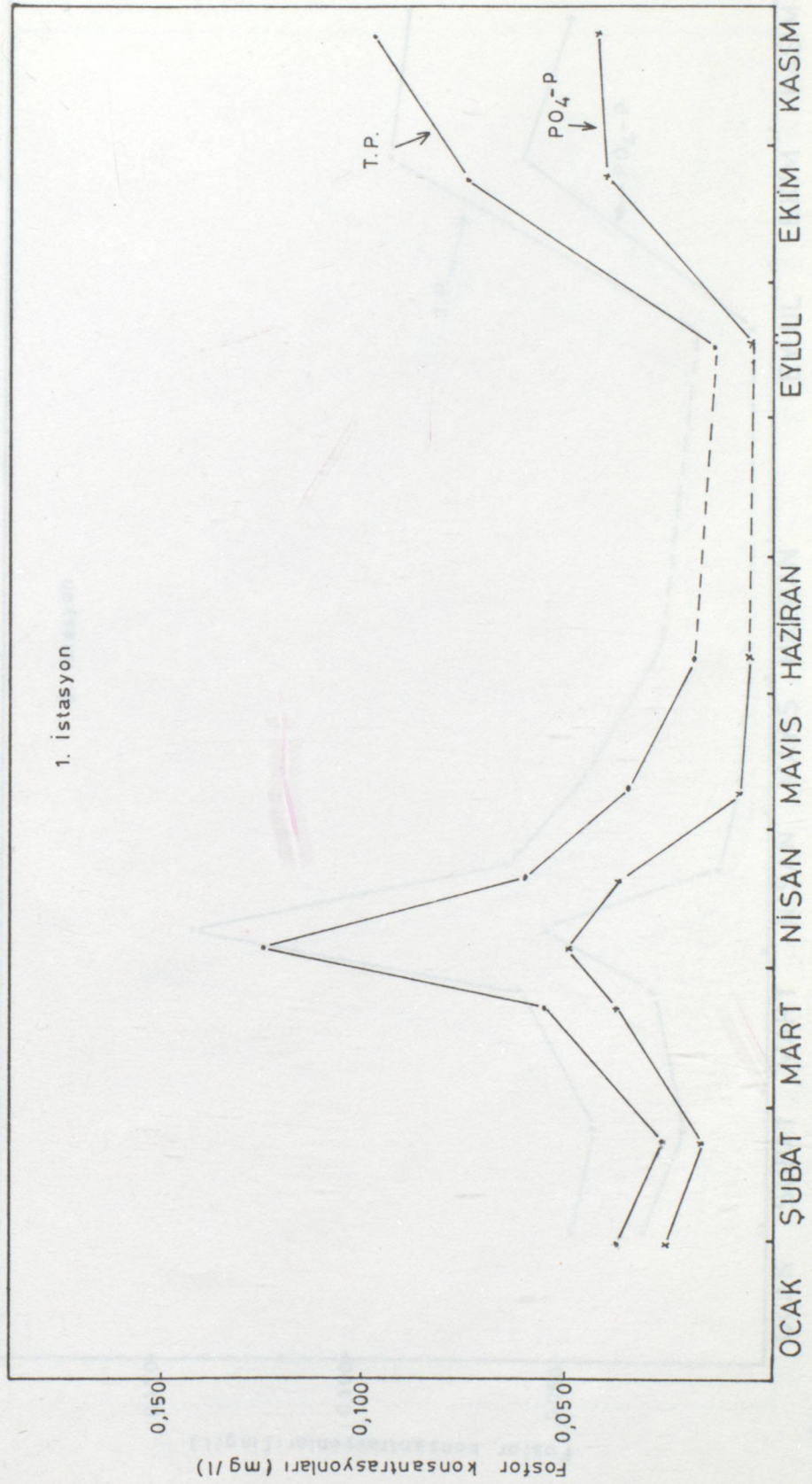
|                              | 1.İstasyon       |                    |              | 2.İstasyon       |                  |              | 3.İstasyon       |                  |              |
|------------------------------|------------------|--------------------|--------------|------------------|------------------|--------------|------------------|------------------|--------------|
|                              | Yüzey<br>(0,4 m) | Orta Der.<br>(2 m) | Dip<br>(4 m) | Yüzey<br>(0,4 m) | Orta D.<br>(3 m) | Dip<br>(6 m) | Yüzey<br>(0,4 m) | Orta D.<br>(3 m) | Dip<br>(6 m) |
| PO <sub>4</sub> -P<br>(mg/l) | 0,0416           | 0,062              | 0,083        | 0,0625           | 0,075            | 0,079        | 0,050            | 0,066            | 0,091        |
| Top.P<br>(mg/l)              | 0,075            | 0,085              | 0,115        | 0,095            | 0,095            | 0,125        | 0,115            | 0,105            | 0,135        |
| NH <sub>3</sub> -N<br>(mg/l) | 2,6              | 3,06               | 3,42         | 2,1              | 3,76             | 3,92         | 2,8              | 3,70             | 4,2          |
| NO <sub>3</sub> -N<br>(mg/l) | 2,36             | 2,006              | 2,52         | 2,14             | 3,15             | 1,90         | 1,83             | 1,54             | 1,5          |
| NO <sub>2</sub> -N<br>(mg/l) | 0,0014           | 0,0065             | 0,0065       | 0,009            | 0,009            | 0,012        | 0,0072           | 0,0098           | 0,0065       |



TABLO 4-11. Yüzey Suyu Çözünmüş Madde Konsantrasyonları

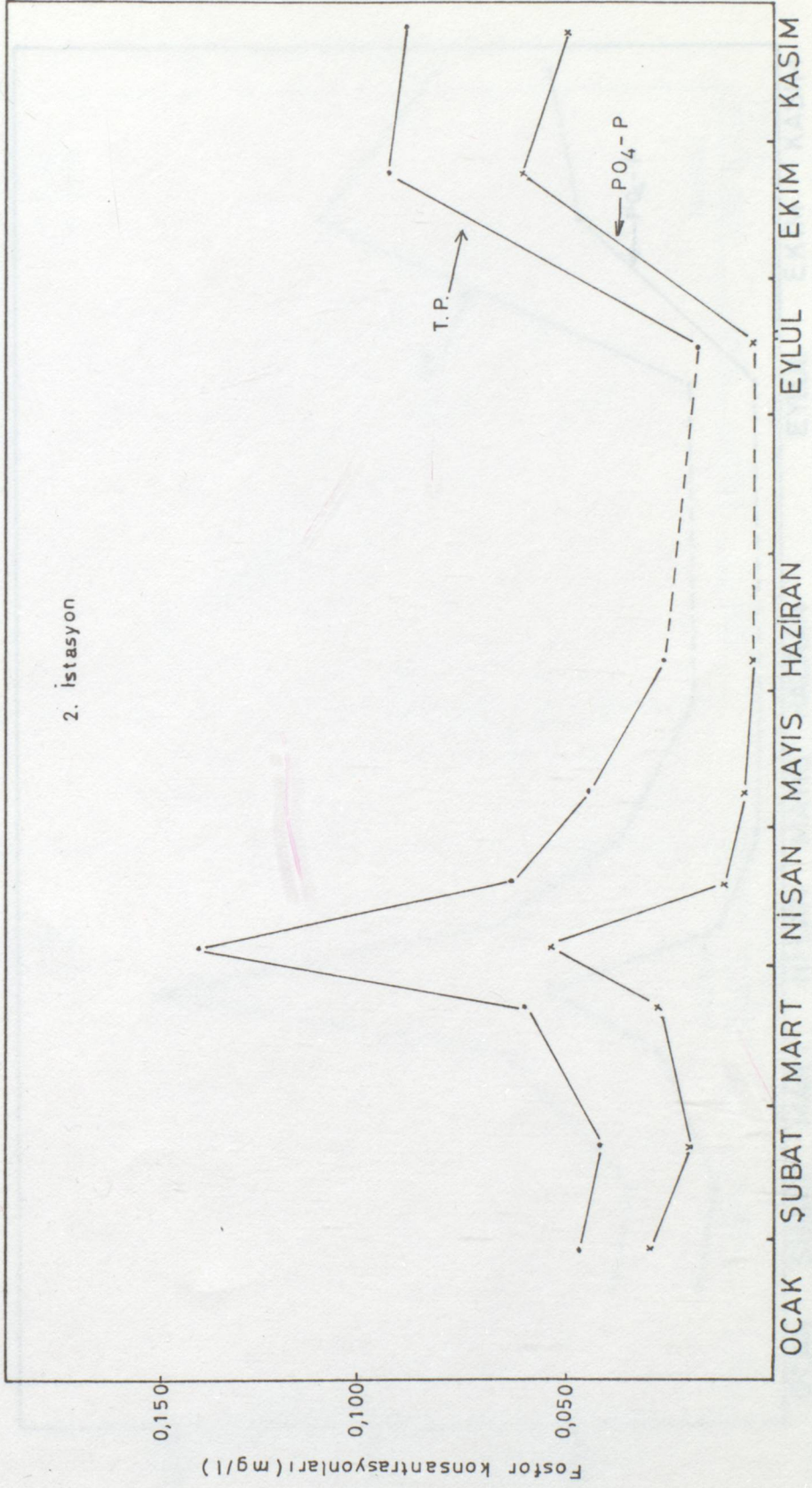
|                                    |   | Haziran | Eylül | Ekim | Kasım |
|------------------------------------|---|---------|-------|------|-------|
| $\text{Na}^+$<br>(mg/l)            | 1 |         | 20    | 18   | 20    |
|                                    | 2 |         | 18    | 17   | 20    |
|                                    | 3 |         | 16    | 17   | 18    |
| $\text{K}^+$<br>(mg/l)             | 1 |         | 2,5   | 2,8  | 2,3   |
|                                    | 2 |         | 2,3   | 2,7  | 2,3   |
|                                    | 3 |         | 2     | 2,7  | 1,9   |
| $\text{Ca}^{2+}$<br>(mg/l)         | 1 | 44,5    | 44,98 | 38   | 38    |
|                                    | 2 | 38      | 44,16 | 38   | 38    |
|                                    | 3 | 42,7    | 43,35 | 37,8 | 34    |
| $\text{Mg}^{2+}$<br>(mg/l)         | 1 | 9,44    | 7,96  | 8,04 | 8,54  |
|                                    | 2 | 12,43   | 7,96  | 8,05 | 11,5  |
|                                    | 3 | 9,75    | 7,98  | 8,05 | 9,03  |
| $\text{Cl}^-$<br>(mg/l)            | 1 | 35,5    | 36    | 38   | 38    |
|                                    | 2 | 35      | 36    | 38   | 38,7  |
|                                    | 3 | 35      | 35    | 38   | 38,7  |
| $\text{SO}_4^{2-}$<br>(mg/l)       | 1 |         | 31,6  | 30   | 28,4  |
|                                    | 2 |         | 31    | 28,9 | 28    |
|                                    | 3 |         | 32    | 29,6 | 29,5  |
| $\text{Top. Fe}^{3+}$<br>(mg/l)    | 1 | 0,32    | 0,3   | 0,33 | 0,31  |
|                                    | 2 | 0,32    | 0,31  | 0,32 | 0,36  |
|                                    | 3 | 0,3     | 0,31  | 0,34 | 0,36  |
| $\text{SiO}_2$<br>(mg/l)           | 1 |         | 8,7   | 12,8 | 12,8  |
|                                    | 2 |         | 9,6   | 12,6 | 9,9   |
|                                    | 3 |         | 9,6   | 13,5 | 10,3  |
| $\Sigma \text{Ayon (miliekiv./l)}$ |   |         | 4,08  | 3,88 | 3,79  |
| $\Sigma \text{Katyon (miliek./l)}$ |   |         | 3,70  | 3,37 | 3,52  |





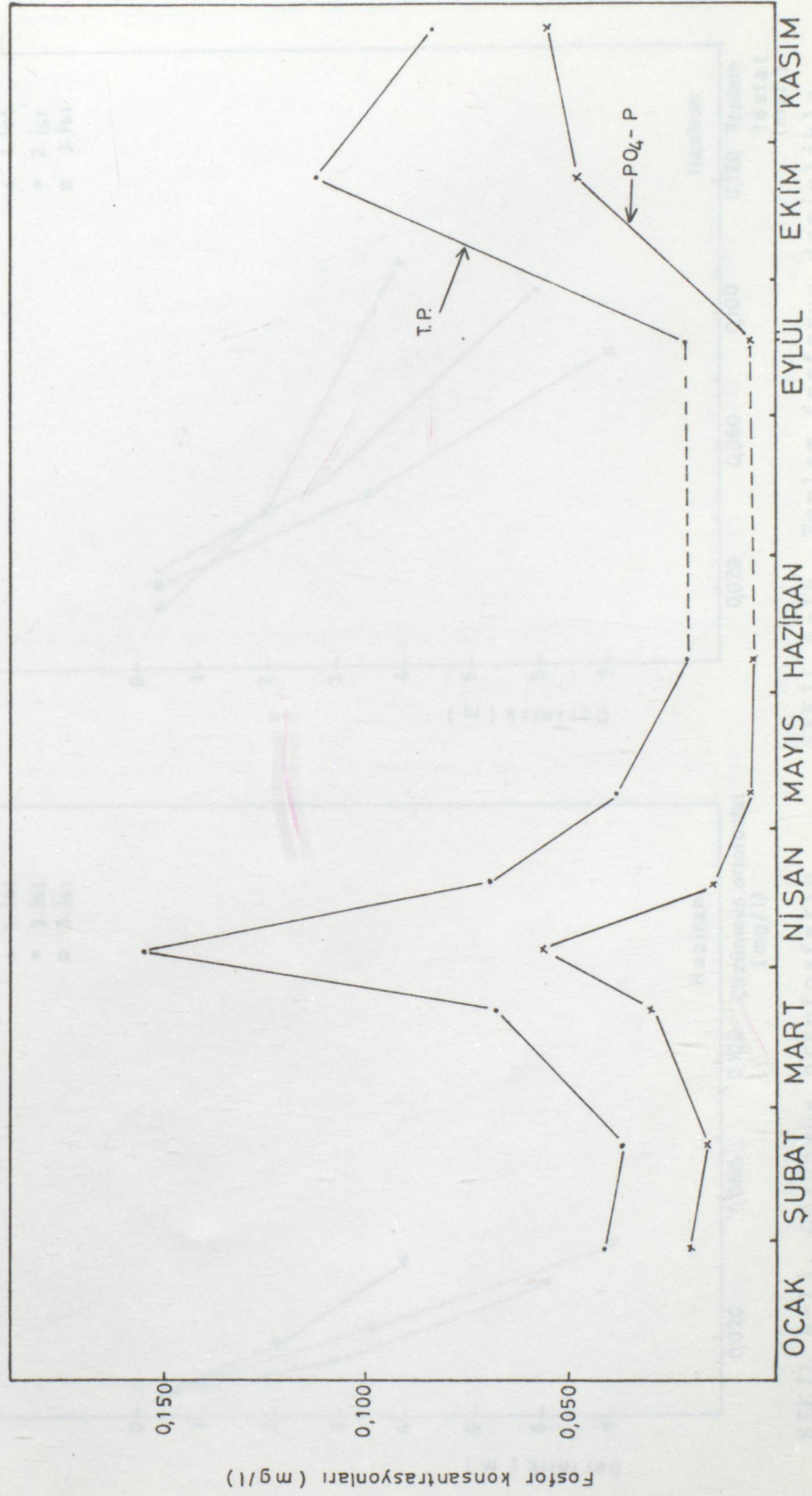
ŞEKİL 4-8. Fosfor bileşiklerinin zamanla değişimi





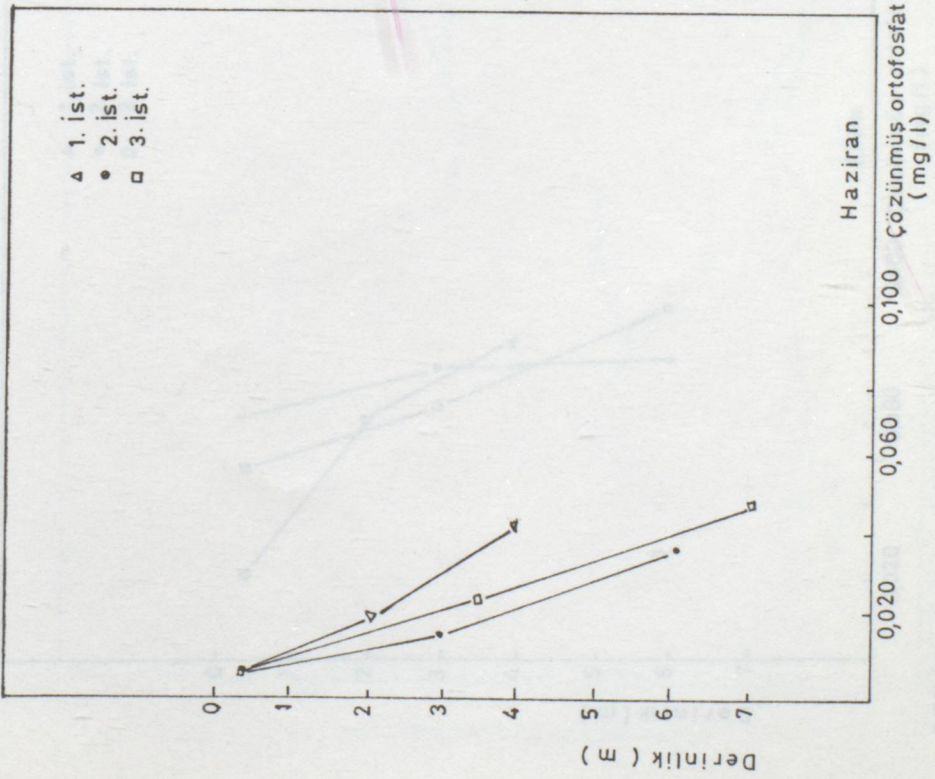
ŞEKİL 4-9. Fosfor bileşiklerinin zamanla değişimi



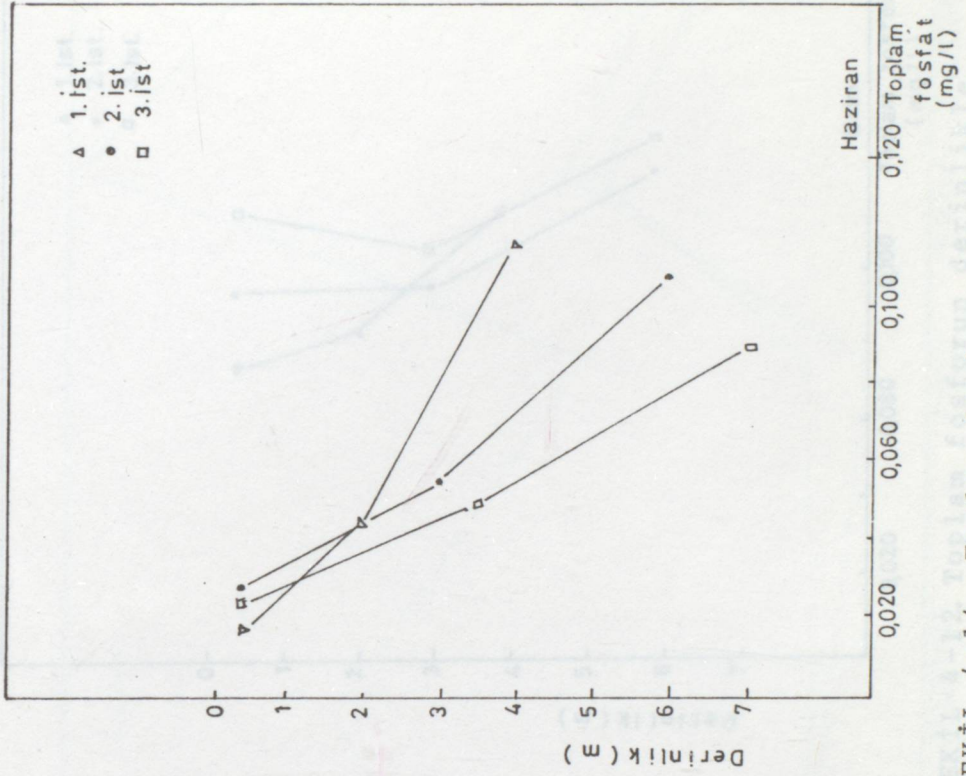


ŞEKİL 4-10. Fosfor bileşiklerinin zamanla değişimi



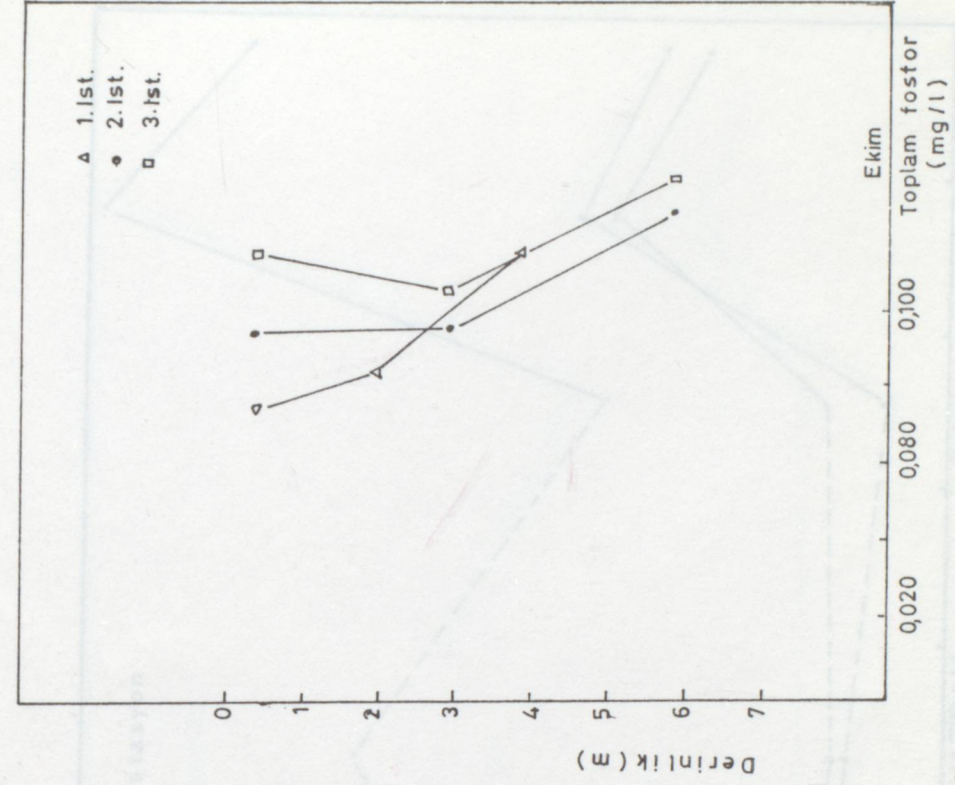


ŞEKİL 4-13. Çözünmüş ortofosfatın derinlikle değişimi

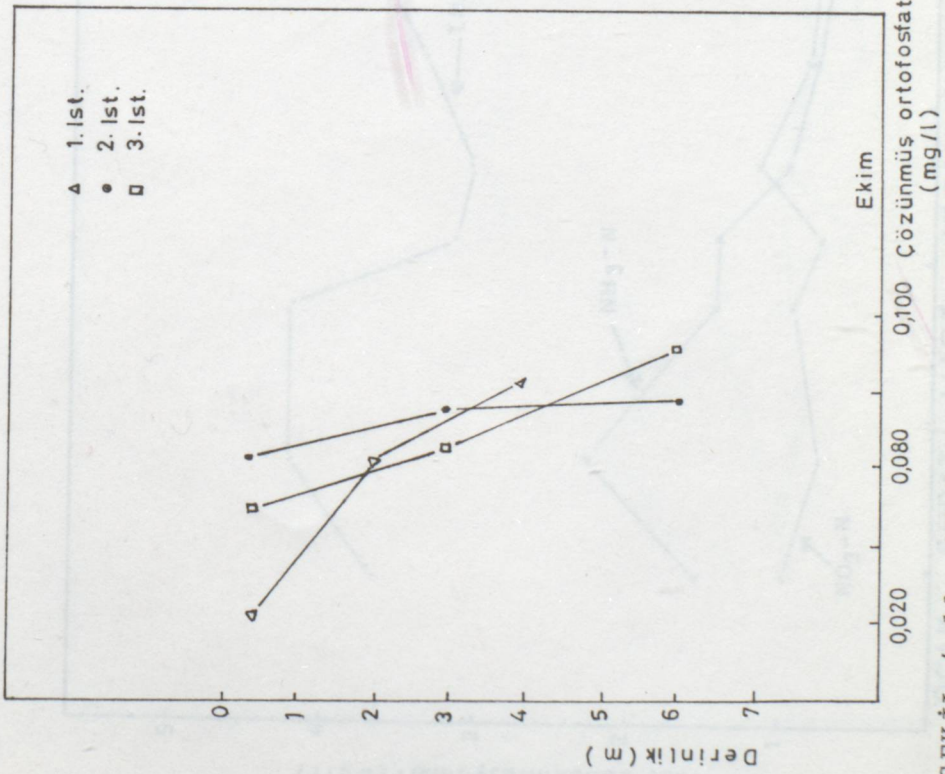


ŞEKİL 4-14. Toplam fosforun derinlikle değişimi



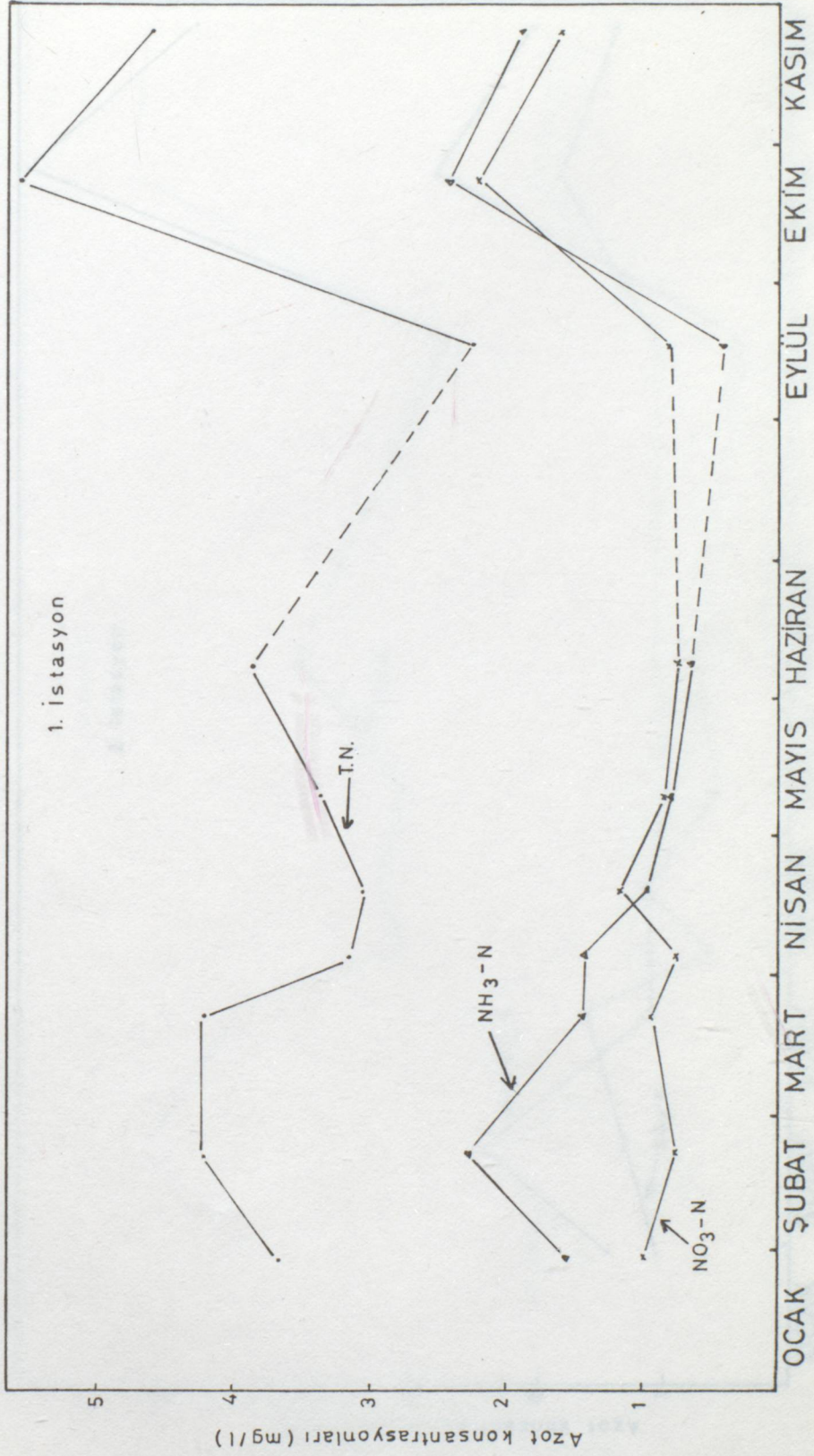


ŞEKİL 4-12. Toplam fosforun derinlikle değişimi



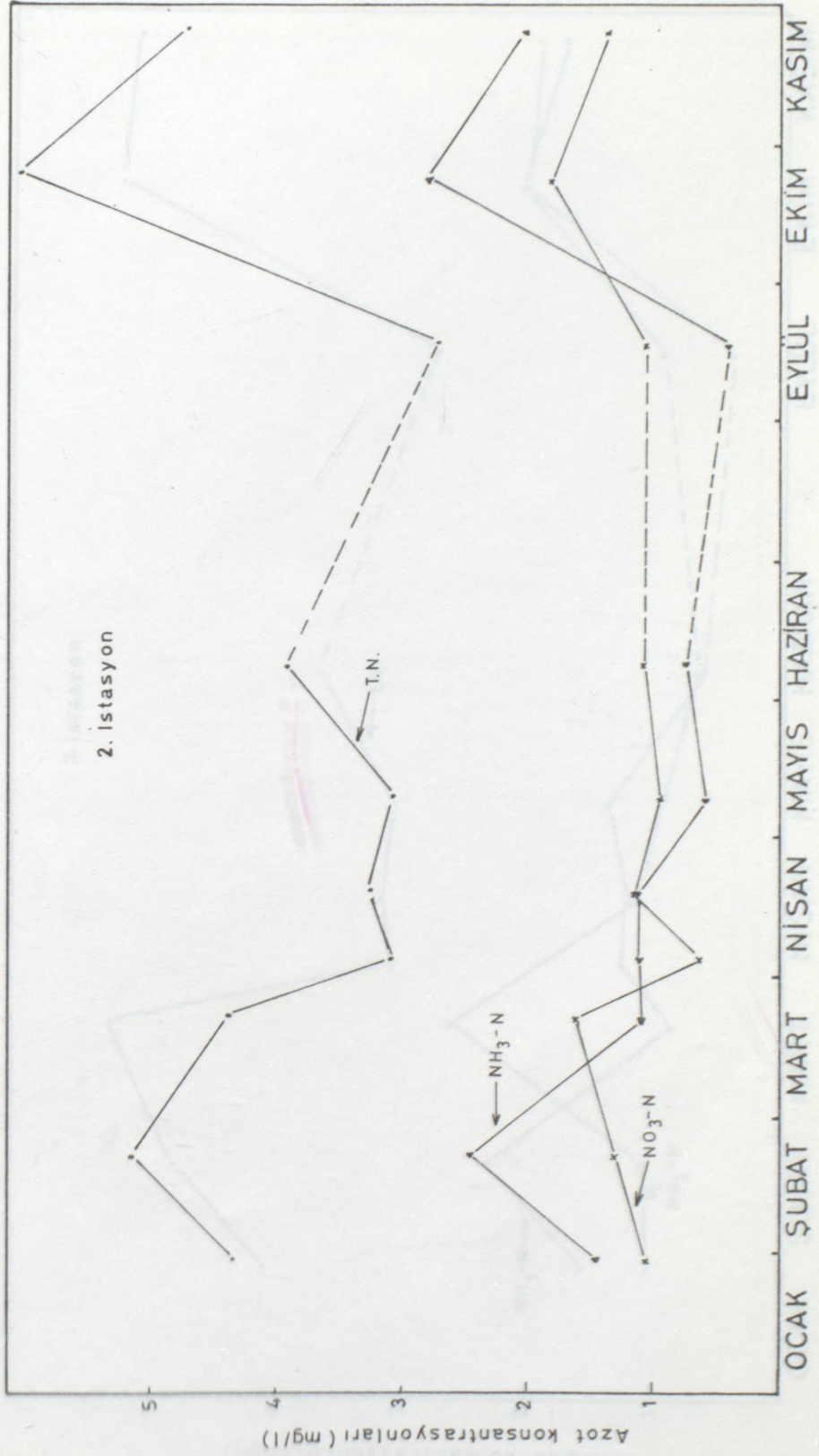
ŞEKİL 4-11. Çözünmüş orto fosfatın derinlikle değişimi





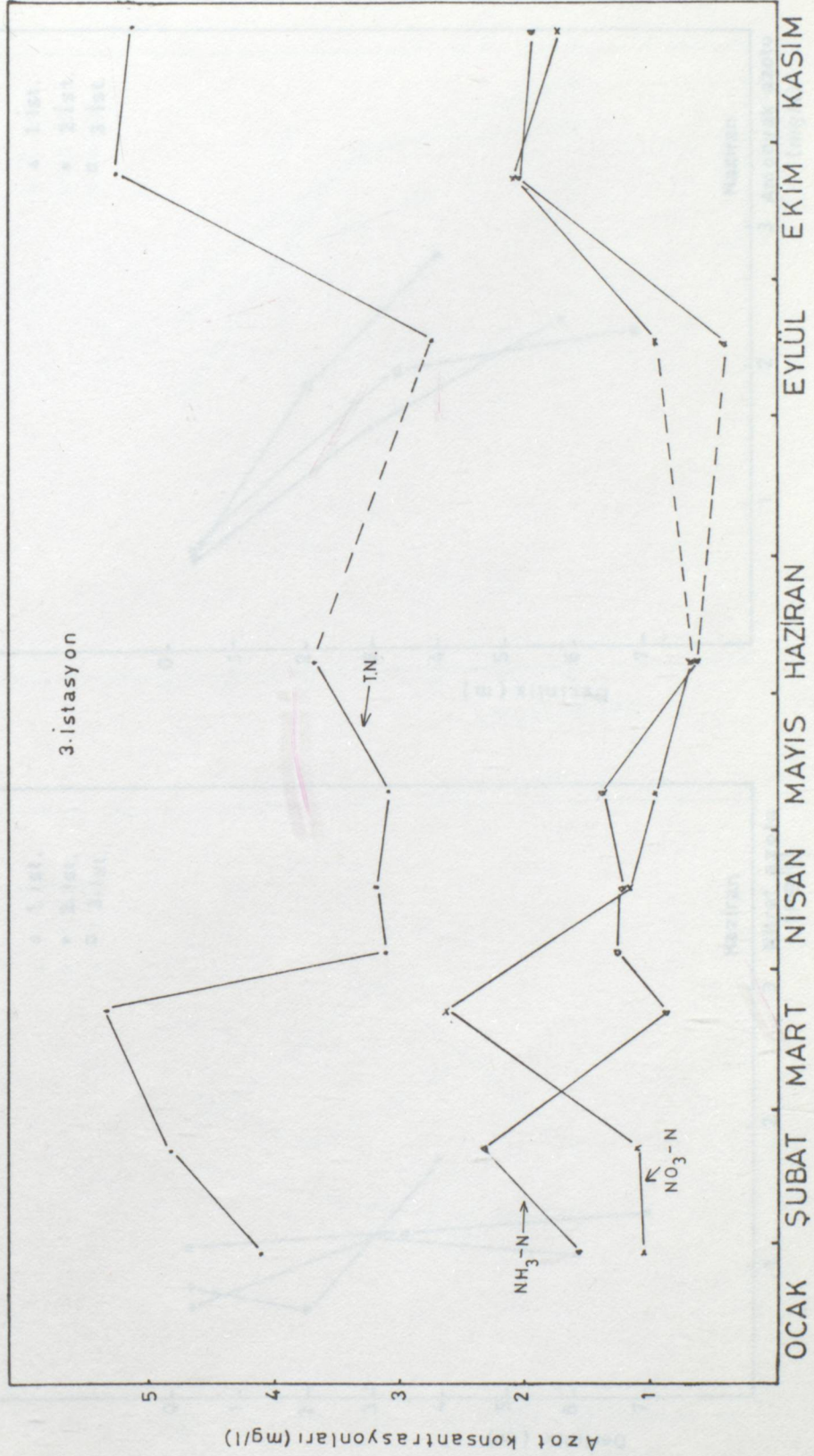
ŞEKİL 4-15. Azot bileşiklerinin zamanla değişimi





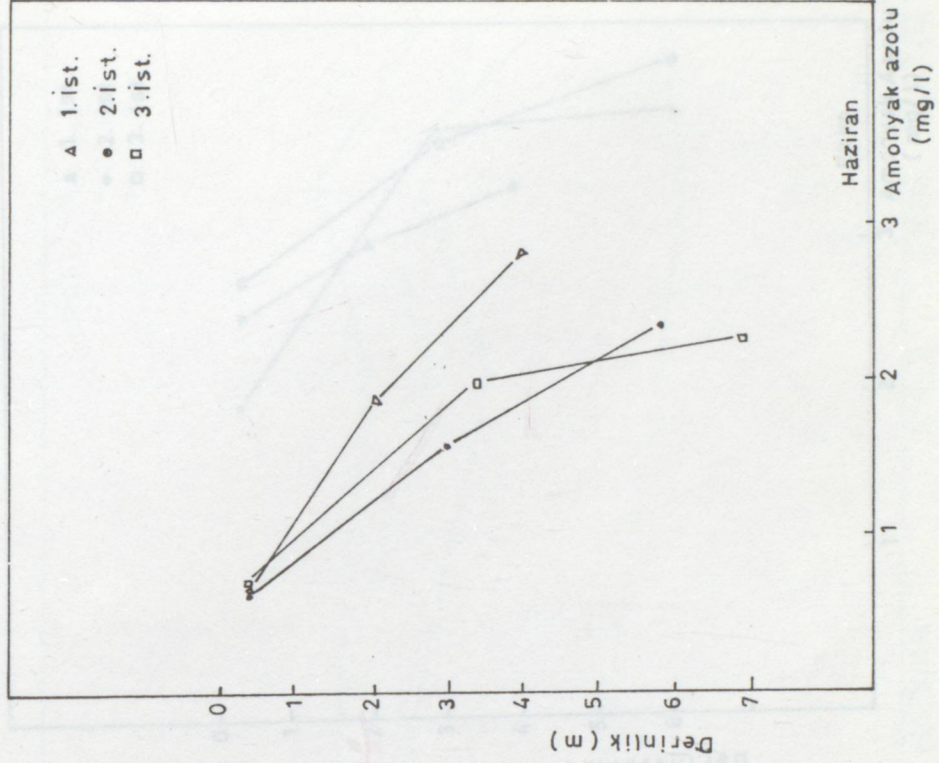
ŞEKİL 4-16. Azot bileşiklerinin zamanla değişimi



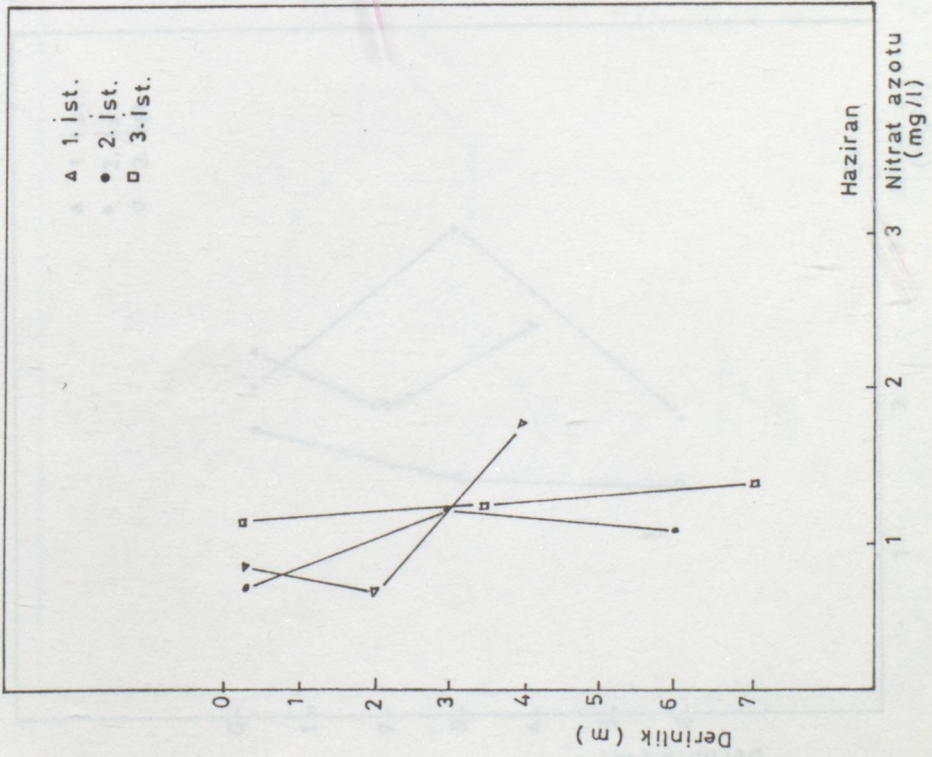


ŞEKİL 4-17. Azot bileşiklerinin zamanla değişimi



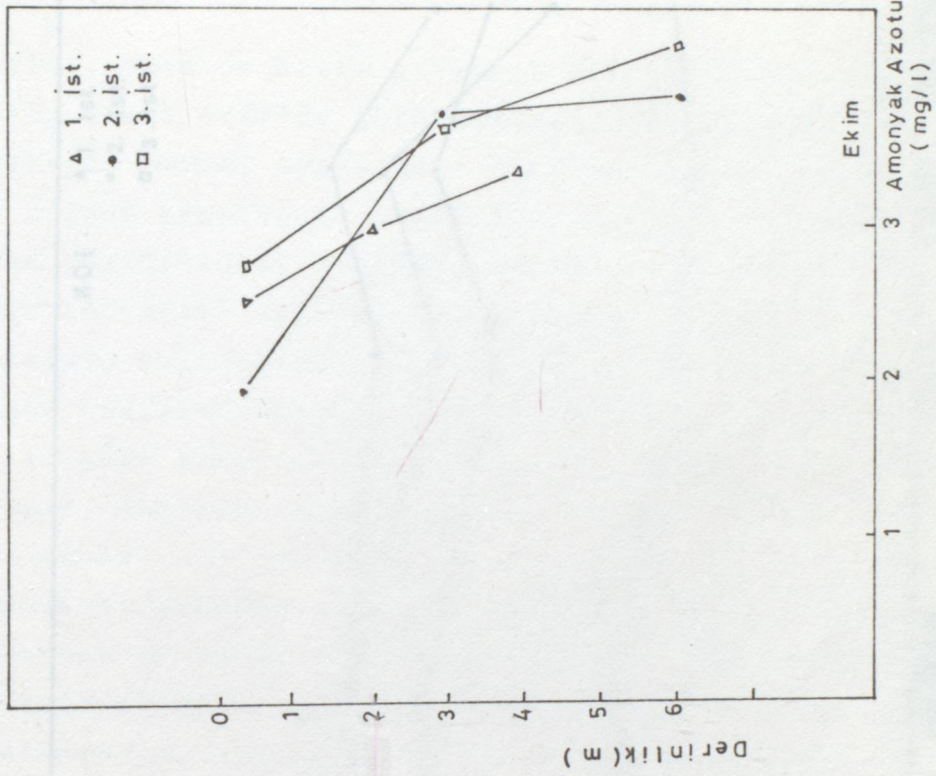


ŞEKİL 4-19. Amonyak azotunun derinlikle değişimi

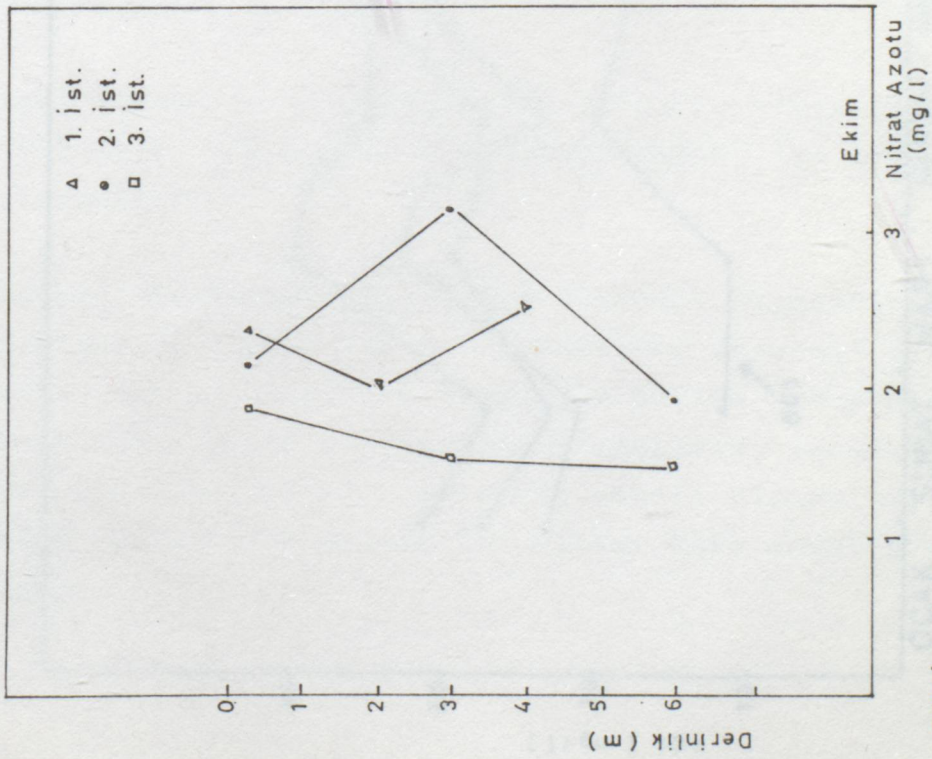


ŞEKİL 4-18. Nitrat azotunun derinlikle değişimi





ŞEKİL 4-21. Amonyak azotunun derinlikle değişimi

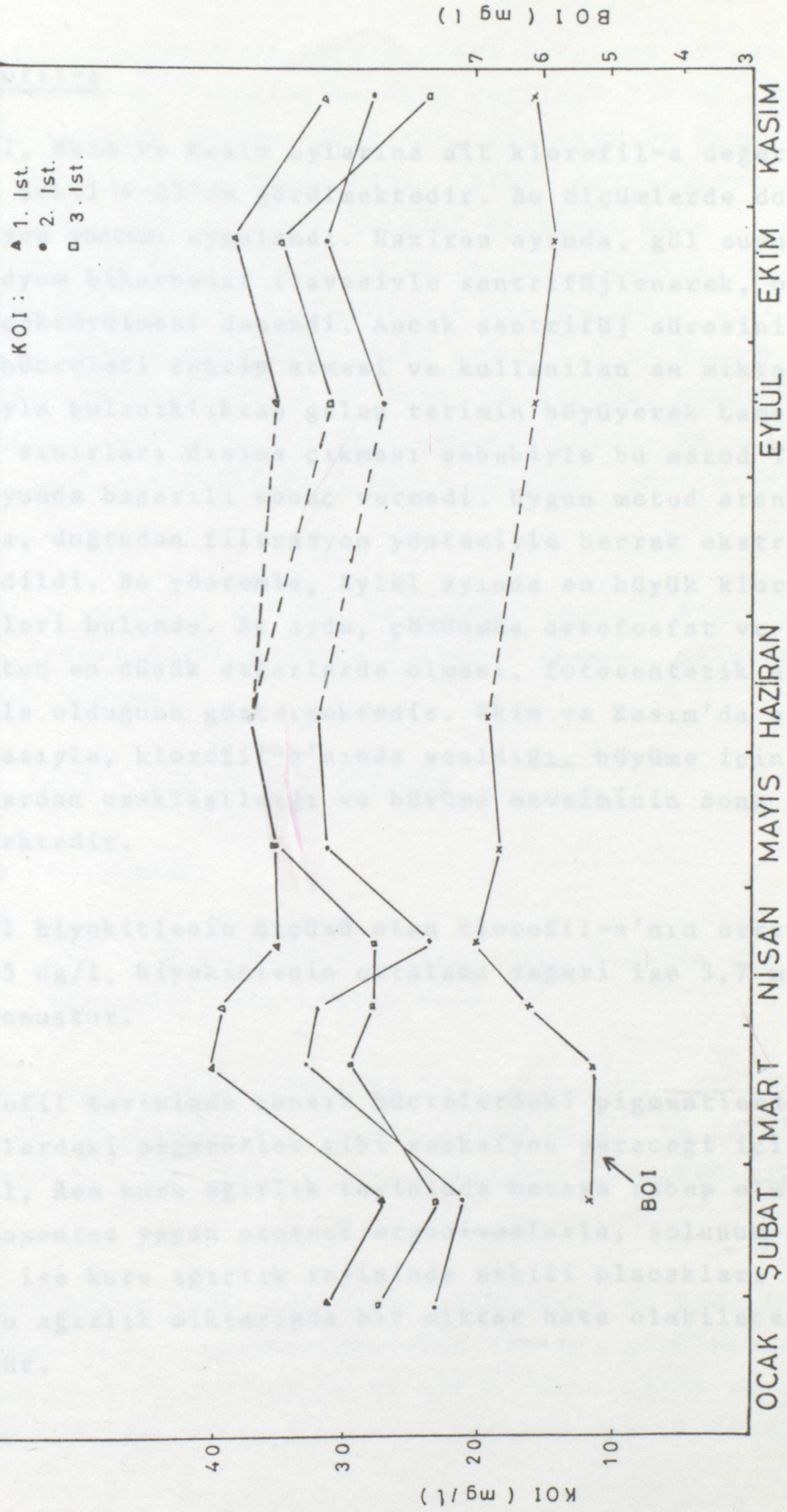


ŞEKİL 4-20. Nitrat azotunun derinlikle değişimi



#### 4.3. BESİN SEVİYESİ KARAKTERİSTİKLERİ

##### 4.3.1. Klorofil





#### 4.3. BESİN SEVİYESİ KARAKTERİSTİKLERİ

##### 4.3.1. Klorofil-a

Eylül, Ekim ve Kasım aylarına ait klorofil-a değerleri Tablo 4-12, Şekil 4-23'de görülmektedir. Bu ölçümlerde doğrudan filtrasyon yöntemi uygulandı. Haziran ayında, göl suyu numuneleri sodyum bikarbonat ilavesiyle santrifüjlenerek, organizmaların çöktürülmesi denendi. Ancak santrifüj süresinin uzamasının hücreleri tahrip etmesi ve kullanılan su miktarının artmasıyla bulanıklıktan gelen terimin büyüyerek Lambert-Beer Kanunu sınırları dışına çıkması sebebiyle bu metod Terkos Gölü suyunda başarılı sonuç vermedi. Uygun metod aranmasından sonra, doğrudan filtrasyon yöntemiyle berrak ekstrakt-lar elde edildi. Bu yöntemle, Eylül ayında en büyük klorofil-a değerleri bulundu. Bu ayda, çözünmüş ortofosfat ve anorganik azotun en düşük değerlerde olması, fotosentetik aktivitenin fazla olduğunu göstermektedir. Ekim ve Kasım'da sıcaklığın azalmasıyla, klorofil-a'nında azaldığı, büyüme için optimum şartlardan uzaklaşıldığı ve büyüme mevsiminin sona erdiği görülmektedir.

Algal biyokitlenin ölçüsü olan klorofil-a'nın ortalama değeri 8,075 µg/l, biyokitlenin ortalama değeri ise 3,7 mg/l olarak bulunmuştur.

Klorofil tayininde cansız hücrelerdeki pigmentlerde canlı hücrelerdeki pigmentler gibi reaksiyon vereceği için hem klorofil, hem kuru ağırlık tayininde hataya sebep olmuşlardır. Kemosentez yapan ototrof organizmalarla, solunum organizmaları ise kuru ağırlık tayininde etkili olacakları için bulunan kuru ağırlık miktarında bir miktar hata olabileceği düşünülmüştür.



#### 4.3.2. Birinci Kademe Üretim

Göl ekosisteminin en önemli olayı 1.kademe üretim olduğu için fotosentez deneylerine önem verildi. 250 ml.lik erlenlerin bir kısmı siyaha boyanarak, aydınlık ve karanlık fotosentez şişesi olarak hazırlandı. Farklı derinliklerden alınan göl suları, bu şişelere konarak ağızları hava almaya-cak şekilde kapatıldı. Birbirlerinin ışığını örtmeyecek şekilde az aralıklı olarak, bir aydınlık bir karanlık şişe ikiye ikiye üç farklı derinliğe (0,40 m-1 m-1,5 m) inecek şekilde üst üste ipe bağlanarak su içine bırakıldı. Diğer bir aydınlık şişenin çözünmüş oksijeni hemen ölçüldü. Su içindeki şişeler 3-4 saat bekletildikten sonra çözünmüş oksijen ölçümü yapıldı.

Asimile edilen 1 mol  $CO_2$  karşılık 1 mol  $O_2$  üretildiği düşünülerek fotosentetik katsayı 1 olarak alındı. Asimile edilen karbon miktarı:

$$P(\text{mg C/l}) = (\text{mg } \Delta O_2 / l) (12/32)$$

formülünden hesaplandı.

$\Delta O_2$  = aydınlık ve karanlık şişelerin çözünmüş oksijen miktarları arasındaki fark.

Şubat, Mart, Ekim aylarında  $\Delta O_2$  ölçülemedi. Ölçülebilen aylara ait  $\Delta O_2$  değerleri ve hesaplanan brüt ve net fotosentez deneyleri Tablo 4-13, 4-14, Şekil 4-25'de görülmektedir.

Yüzeye gelen ışık şiddetinin artmasıyla ve aydınlık sürenin uzamasıyla toplam fotosentezin arttığı görülmektedir. Mayıs ayında ışık şiddetinde  $65,59 \text{ cal/m}^2\text{-dak.}$  artma ve aydınlık sürenin 0,5 saat uzamasıyla brüt fotosentezin  $1,91 \text{ mgO}_2/\text{l,}$



TABLO 4-12. Klorofil-a Değerleri

net fotosentezin 1,4248 mgO/l arttığı, buna karşılık Haziran ayında ışık şiddetinin 56,27 cal/m<sup>2</sup>-dak ve aydınlık sürenin 0,41 saat uzamasıyla brüt fotosentezin 0,49 mg/l ve net fotosentezin 0,263 mgO/l arttığı görülmektedir. Haziran ayında yüzey suyu sıcaklığının 11<sup>o</sup>C yükselmesiyle, fotosentezle birlikte solunum hızının artması, plankton yoğunluğunun fazla olması, Secchi Derinliğin 1,9 m.den 1,8 m.ye inmesi, ortamda fazla CO<sub>2</sub> tüketildiği için CO<sub>2</sub> miktarında bir azalma olması Haziran ayında fotosentez değerindeki artmanın Mayıs ayından daha düşük olmasına sebep olmaktadır. Eylül ayında aydınlık süre Nisan'dakinden daha az olmasına rağmen daha büyük fotosentez değerleri bulunmuştur. Buna, Nisan ayında göle gelen su miktarı Eylül'dekinden daha fazla olduğu için suyun akış oranının daha fazla olması ve Nisan'da görüş mesafesinin daha az olması sebebiyle fotik zonun daha dar bölgede kalmasının sebep olduğu görülmektedir.

|                   |                      |      |      |
|-------------------|----------------------|------|------|
| 6 Haziran (12.00) | 4,5 mgO/l (1-4 saat) | 0,9  | 4,05 |
| 24 Eylül (12.00)  | 0,7                  | 0,78 | 2,75 |

TABLO 4-13. Net Fotosentez Değerleri

|            | Aydınlık Süresi (dak) | Net.F.S (mgC/l-gün) |
|------------|-----------------------|---------------------|
| 16 Haziran | 13,34                 | 1,089               |
| 17 Haziran | 18,24                 | 2,517               |
| 18 Haziran | 13,08                 | 2,78                |
| 24 Eylül   | 12,01                 | 1,79                |



TABLO 4-12. Klorofil-a Değerleri

|                                    |   | Eylül | Ekim<br>(Yüzey) | Ekim<br>(Orta der.) | Kasım |
|------------------------------------|---|-------|-----------------|---------------------|-------|
| Klorofil-a<br>(mg/m <sup>3</sup> ) | 1 | 10,6  | 8,27            | 7,6                 | 7,2   |
|                                    | 2 | 11,43 | 7,75            | 8,04                | 5,65  |
|                                    | 3 | 10,2  | 6,8             | 7,2                 | 6,16  |

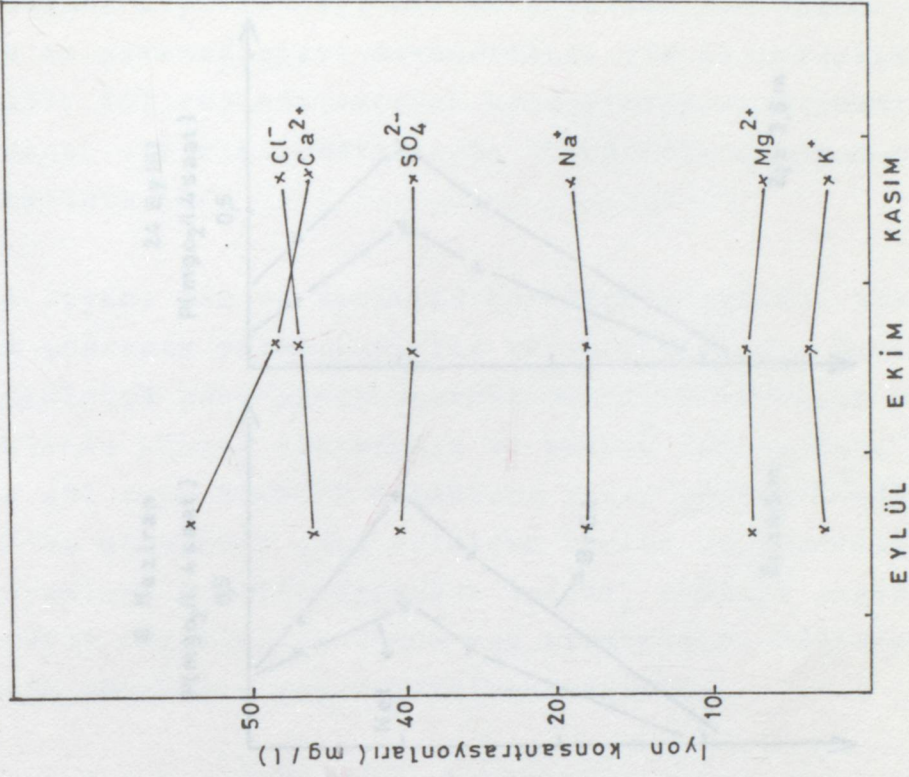
TABLO 4-13. Brüt Fotosentez Değerleri

|                   | ( $\Delta O_2$ ) <sub>max.</sub> | (P) <sub>max.</sub><br>(mgC/1-12 saat) | $\Sigma p$<br>(mgC/1-gün) |
|-------------------|----------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|
| 16 Nisan (1.İst.) | 0,4 mgO <sub>2</sub> /1-3 saat   | 0,6                                    | 1,65                      |
| 7 Mayıs (3.İ)     | 0,5 "                            | 0,75                                   | 3,56                      |
| 6 Haziran (1.İ.)  | 0,8 mgO <sub>2</sub> /1-4 saat   | 0,9                                    | 4,05                      |
| 24 Eylül (3.İst)  | 0,7 "                            | 0,78                                   | 2,75                      |

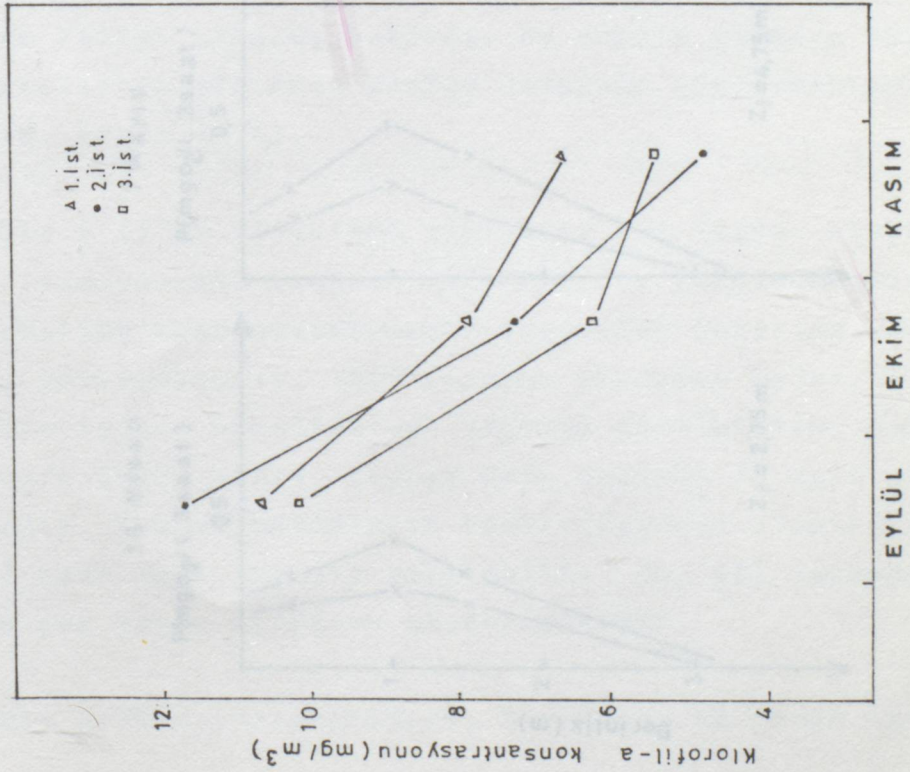
TABLO 4-14. Net Fotosentez Değerleri

|           | ( $\Delta O_2$ ) <sub>max.</sub> | Aydınlık<br>Süre(saat) | Net.F.S<br>(mgC/1-gün) |
|-----------|----------------------------------|------------------------|------------------------|
| 16 Nisan  | 0,24 mgO <sub>2</sub> /1-3 saat  | 13,34                  | 1,089                  |
| 7 Mayıs   | 0,3 "                            | 14,24                  | 2,517                  |
| 6 Haziran | 0,44 mgO <sub>2</sub> /1-4 saat  | 15,05                  | 2,78                   |
| 24 Eylül  | 0,42 mgO <sub>2</sub> /1-4 saat  | 12,02                  | 1,29                   |





ŞEKİL 4-24. Gözünmüş madde konsantrasyonları



ŞEKİL 4-23. Klorofil-a konsantrasyonları



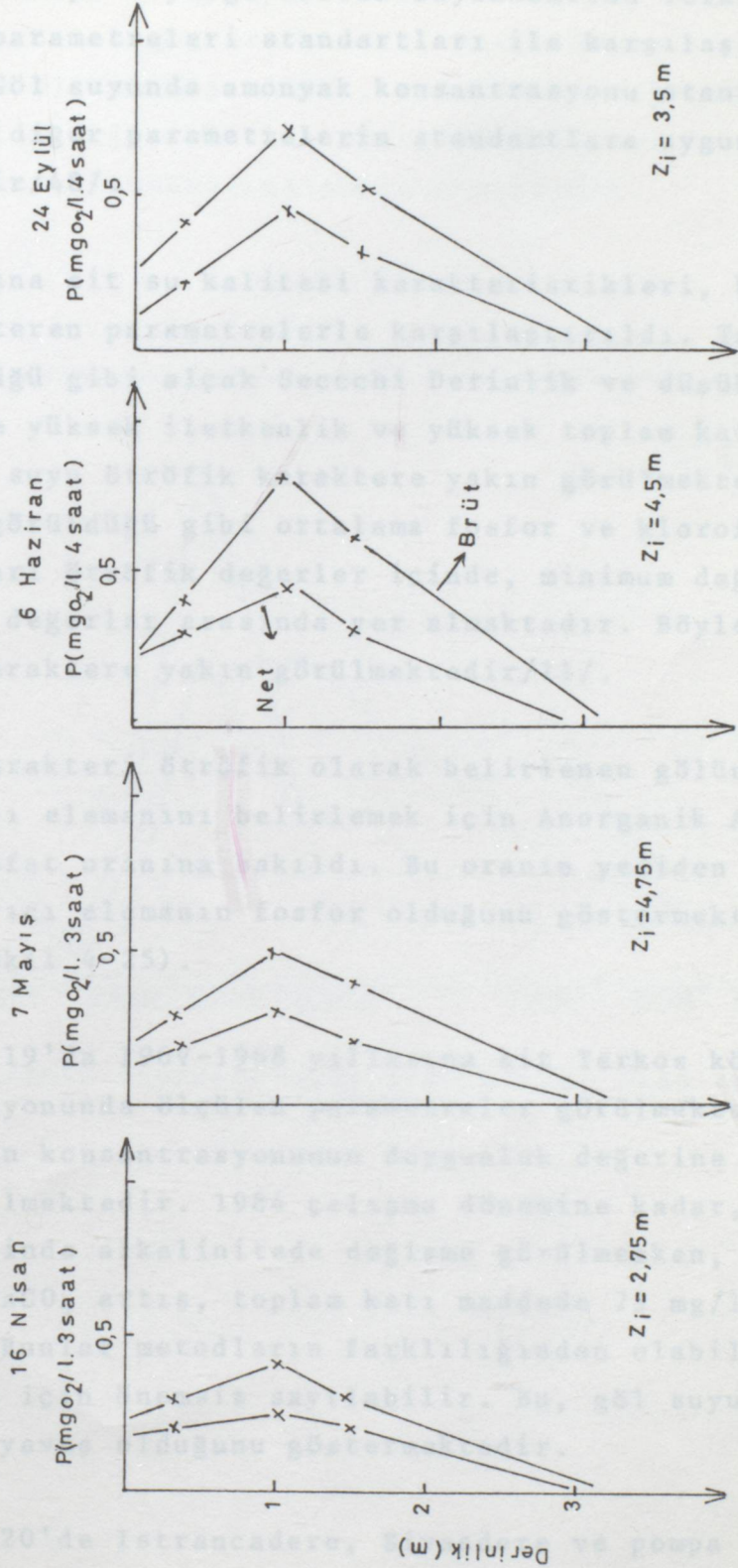
#### 4.4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Kullanılan suyu kaynağı olarak faydalanılan Torkos Çölü me ait bazı su parametreleri standartları ile karşılaştırıldı (Tablo 4-15). Çölü suyunda amonyak konsantrasyonları standartlarının üstünde, diğer parametrelerin standartlara uygun olduğu görülmektedir.

Çölü suyuna taze su eklenmesi ve taze su miktarları, besin seviyesini gösteren parametrelerle karşılaştırıldı. Tablo 4-16'da görüldüğü gibi ölçüm kesitleri ve ölçüm katı madde miktarıyla ilgili olarak elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir. Tablo 4-17'de görüldüğü gibi ölçüm katı madde miktarı ve taze su eklenmesi ile amonyak konsantrasyonları arasında bir ilişki gözlemlenmiştir. Böylece çölü suyu taze su karışımıyla besin seviyesini kontrol etmek mümkündür.

Genel karakteristrik olarak belirlenen çölü suyu suyu sınırlayıcı elementin belirlenmesi için Anorganik Azot (NO<sub>3</sub>-N) ve Fosfor (PO<sub>4</sub>-P) analizleri yapıldı. Bu analizler çölü suyu suyu sınırlayıcı elementin belirlenmesi için yapıldı (Tablo 4-18, 4-19).

Tablo 4-19'de görüldüğü gibi çölü suyu suyu sınırlayıcı elementin belirlenmesi için yapıldı. Çölü suyu suyu sınırlayıcı elementin belirlenmesi için yapıldı. Çölü suyu suyu sınırlayıcı elementin belirlenmesi için yapıldı.



ŞEKİL 4-25. Brüt ve net fotosentez profilleri



#### 4.4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Kullanma suyu kaynağı olarak faydalanılan Terkos Gölüne ait ham su parametreleri standartları ile karşılaştırıldı (Tablo 4-15). Göl suyunda amonyak konsantrasyonu standartlarının üstünde, diğer parametrelerin standartlara uygun olduğu görülmektedir/48/.

Göl suyuna ait su kalitesi karakteristikleri, besin seviyesini gösteren parametrelerle karşılaştırıldı. Tablo 4-16'da görüldüğü gibi alçak Secchi Derinlik ve düşük ortalama derinlikle yüksek iletkenlik ve yüksek toplam katı madde miktarıyla göl suyu ötrofik karaktere yakın görülmektedir/49/. Tablo 4-17'de görüldüğü gibi ortalama fosfor ve klorofil-a konsantrasyonları ötrofik değerler içinde, minimum değerler ise mezotrofik değerler arasında yer almaktadır. Böylece göl suyu ötrofik karaktere yakın görülmektedir/11/.

Genel karakteri ötrofik olarak belirlenen gölün büyümeyi sınırlayıcı elemanını belirlemek için Anorganik Azot/Çözünmüş Orto Fosfat oranına bakıldı. Bu oranın yediden büyük olması sınırlayıcı elemanın fosfor olduğunu göstermektedir (Tablo 4-18, Şekil 4-25).

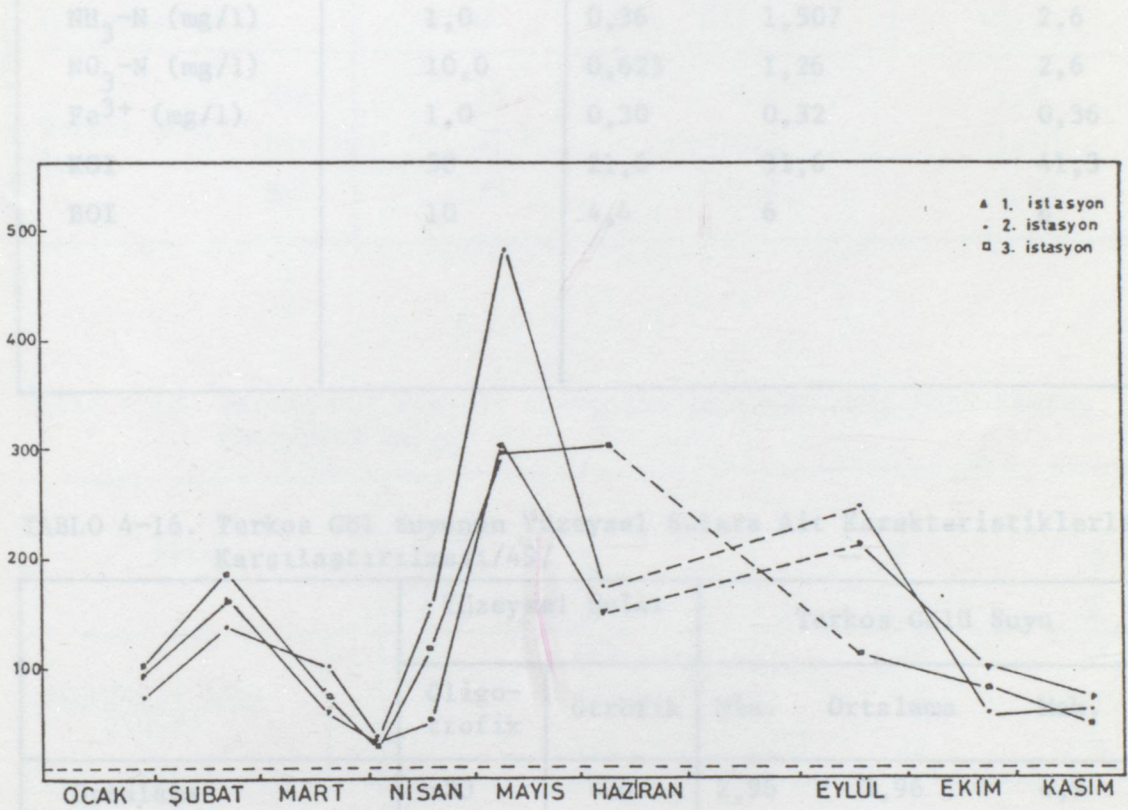
Tablo 4-19'da 1967-1968 yıllarına ait Terkos köyündeki DSİ pompa istasyonunda ölçülen parametreler görülmektedir. Çözünmüş oksijen konsantrasyonunun doymunluk değerine çok yakın olduğu görülmektedir. 1984 çalışma dönemine kadar, 17 senelik süre içinde alkalinite de değişme görülmezken, sertlikte 10 mg/l  $\text{CaCO}_3$  artış, toplam katı maddede 75 mg/l artış görülmektedir. Bunlar metodların farklılığından olabileceği için ve 17 sene için önemsiz sayılabilir. Bu, göl suyundaki değişimin çok yavaş olduğunu göstermektedir.

Tablo 4-20'de Istrancadere, Sivasdere ve pompa istas-



TABLO 4-15. Tarkos 0818 Suyunun Eten Su Standartları İle Karşılaştırılması/48/

yonlarından alınan numunelerde DSİ laboratuvarında ölçülen parametreler görülmektedir. Farklı metodlar kullanılmış ve değişik günlerde numune alınmış olmasına rağmen, ölçülen parametrelerle uygunluk göstermektedir. Ancak organik azotun ve toplam fosforun ölçülmemiş olması, ortofosfat değerlerinin içinde partiküler değerinde bulunması su kalitesi hakkında yeterli bilginin bulunmamasına sebep olmaktadır.



ŞEKİL 4-26. Anorganik Azot/çözünmüş orto fosfat oranları



TABLO 4-15. Terkos Gölü Suyunun Ham Su Standartları İle Karşılaştırılması/48/

| Parametre                           | Ham su Standartları | Terkos Gölü Suyu |          |      |
|-------------------------------------|---------------------|------------------|----------|------|
|                                     |                     | Min.             | Ortalama | Mak. |
| pH                                  | 6,5-8,5             | 7,2              | 7,52     | 7,9  |
| O <sub>2</sub> doygunluk            | %70                 | %87              | %90      | %99  |
| Cl <sup>-</sup> (mg/l)              | 250                 | 35               | 36,8     | 38,7 |
| SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> (mg/l) | 400                 | 28               | 29,8     | 31,6 |
| NH <sub>3</sub> -N (mg/l)           | 1,0                 | 0,36             | 1,507    | 2,6  |
| NO <sub>3</sub> -N (mg/l)           | 10,0                | 0,625            | 1,26     | 2,6  |
| Fe <sup>3+</sup> (mg/l)             | 1,0                 | 0,30             | 0,32     | 0,36 |
| KOI                                 | 50                  | 21,6             | 31,6     | 41,3 |
| BOI                                 | 10                  | 4,4              | 6        | 8    |

TABLO 4-16. Terkos Göl Suyunun Yüzeysel Sulara Ait Karakteristiklerle Karşılaştırılması/49/

|                                   | Yüzeysel Sular |         | Terkos Gölü Suyu |          |      |
|-----------------------------------|----------------|---------|------------------|----------|------|
|                                   | Cligo-trofik   | Ötröfik | Min.             | Ortalama | Mak. |
| Ortalama Der.(m)                  | >20            | <20     | 2,96             | 3,96     | 4,9  |
| Secchi Der.(m)                    | Yüksek         | Alçak   | 1,0              | 1,3      | 1,95 |
| Top.Katı Med.(mg/l)               | <100           | >100    | 255              | 274      | 348  |
| İletkenlik (µmho)                 | <200           | >200    | 175              | 266      | 403  |
| Sertlik (mg/l CaCO <sub>3</sub> ) | Yumuşak        | Sert    | 125              | 135,5    | 149  |



TABLO 4-17. Terkos Göl Suyunun Besin Seviyesi Karakteristikleri ile Karşılaştırılması/11/

|                  | Toplam Fosfor<br>(mg/m <sup>3</sup> ) | Klorofil-a<br>mg/m <sup>3</sup> ) | Secchi Der.<br>(m)  |
|------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| Ultraoligotrofik | ≤4,0                                  | ≤1,0                              | ≥12,0               |
| Oligotrofik      | ≤10,0                                 | ≤2,5                              | ≥6,0                |
| Mesotrofik       | 10-35                                 | 2,5-8                             | 6-3                 |
| Ötröfik          | 35-100                                | 8-25                              | 3-1,5               |
| Ultraötröfik     | ≥100                                  | ≥25                               | ≤1,5                |
| Terkos Göl Suyu  | Min 18<br>Ort. 61<br>Mak. 155         | 5,65<br>10,2<br>11,43             | 1,0<br>1,30<br>1,95 |

TABLO 4-18. Terkos Göl Suyunda Anorganik Azot/Çözünmüş Orto Fosfat Fosforu Oranları

| Aylar                           |   | Ocak  | Şubat   | Mart  | Nisan | Nisan |
|---------------------------------|---|-------|---------|-------|-------|-------|
| <u>Anorganik Azot</u><br>Ç.O.P. | 1 | 107   | 193     | 69    | 36    | 59    |
|                                 | 2 | 86    | 163     | 121   | 35    | 187   |
|                                 | 3 | 119   | 222     | 81    | 29    | 136   |
| Aylar                           |   | Mayıs | Haziran | Eylül | Ekim  | Kasım |
| <u>Anorganik Azot</u><br>Ç.O.P. | 1 | 364   | 177     | 260   | 119   | 83    |
|                                 | 2 | 579   | 208     | 297   | 68    | 73    |
|                                 | 3 | 354   | 365     | 251   | 92    | 58    |



TABLO 4-20. 291 İstasyonlarında Ölçülen Değerler/52/

TABLO 4-19. Terkos Gölü 1967-1968 Yıllarına Ait Karakteristikler /50/

|            | Sıcaklık<br>(°C) | Göz.Oksijen<br>(mg / l) | pH  | Alkalinite<br>(CaCO <sub>3</sub> ) | Sertlik<br>(CaCO <sub>3</sub> ) | Demir<br>(mg/l) | Klorür<br>(mg/l) | T.Katı M.<br>(mg / l) | İletkenlik<br>(µmho) |
|------------|------------------|-------------------------|-----|------------------------------------|---------------------------------|-----------------|------------------|-----------------------|----------------------|
| 21. 8.1967 | 25               | 9,0                     | 7,9 | 115                                | 120                             | 0,16            | 35,5             |                       |                      |
| 25.10.1967 | 19               | 9,7                     | 7,6 | 95                                 | 125                             | 0,14            |                  |                       |                      |
| 27.12.1967 | 5                | 10,5                    | 7,7 | 120                                | 125                             | 0,38            | 35,5             |                       |                      |
| 23.12.1968 | 7                | 8,8                     | 7,7 | 120                                | 125                             | 0,23            | 35,5             |                       |                      |
| 27. 4.1968 | 15               | 9,8                     | 7,8 | 120                                | 125                             | 0,15            | 35,5             | 185                   | 200                  |
| 27. 5.1968 | 15               | 9,2                     | 7,8 | 115                                | 125                             | 0,13            | 35,5             | 170                   | 233                  |
| 26. 6.1968 | 16               | 8,2                     | 7,9 | 115                                | 125                             | 0,11            |                  | 230                   | 311                  |
| 25. 7.1968 | 26               | 7,2                     | 7,8 | 115                                | 120                             | 0,11            | 35,5             | 200                   | 296                  |
| 30. 9.1968 | 25               | 8,5                     | 7,8 | 115                                | 150                             | 0,13            | 39               | 210                   | 213                  |



TABLO 4-20. DSI İstasyonlarında Ölçülen Değerler/52/

| 1 9 8 4          | Ç.O.<br>(mg/l) | pH   | NH <sub>3</sub> - N<br>(mg/l) | NO <sub>2</sub> - N<br>(mg/l) | NO <sub>3</sub> - N<br>(mg/l) | Ortofosfat<br>(mg/l) |
|------------------|----------------|------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| P.İ.(19 Ocak)    | 11,6           |      | 0                             | 0                             | 1,6                           | 0                    |
| İ.D.(26 Ocak)    | 11             |      | 0,34                          | 0,01                          | 8,5                           | 0,14                 |
| S.D.(26 Ocak)    | 11             |      | 0,14                          | 0,06                          | 11                            | 0,08                 |
| P.İ.(15 Şubat)   | 11,4           |      | 0,084                         | 0,026                         | 3,1                           | 0,08                 |
| İ.D.(16 Şubat)   | 11,5           |      | 0,001                         | 0,011                         | 6,1                           | 0,13                 |
| S.D.(16 Şubat)   | 11,2           | 8,24 | 0,048                         | 0,027                         | 10,1                          | 0,12                 |
| P.İ.( 5 Nisan)   | 9,3            | 6,94 | 0,46                          | 0,009                         | 0,6                           | 0                    |
| İ.D.(10 Nisan)   | 10             | 7,53 | 0,27                          | 0,011                         | 8,2                           | 0,11                 |
| S.D.(10 Nisan)   | 10,4           | 7,65 | 0,22                          | 0,004                         | 10,8                          | 0,10                 |
| P.İ.(26 Haziran) | 7,6            | 8,76 | 0,152                         | 0,002                         | 2,5                           | 0,07                 |
| İ.D.(26 Haziran) | 7,9            | 7,82 | 0,084                         | 0,013                         | 6,75                          | 0,21                 |
| S.D.(26 Haziran) | 8,2            | 8,26 | 0,324                         | 0,086                         | 0                             | 0,09                 |
| P.İ.(4 Ekim)     |                | 7,88 | 0,58                          | 0                             | 0                             | 0,06                 |
| İ.D.(9 Ekim)     |                | 6,8  | 0                             | 0,035                         | 4,7                           | 0,17                 |
| S.D.(9 Ekim)     |                | 6,9  | 0,15                          | 0,006                         | 6,4                           | 0,11                 |
| P.İ.(20 Aralık)  | 10,8           | 7,88 | 0,003                         | 0,010                         | 0                             | 0,23                 |
| İ.D.(25 Kasım)   | 11,5           |      | 0,24                          | 0,03                          | 5,9                           | 0,25                 |
| S.D.(25 Kasım)   | 11,6           |      | 0,006                         | 0,008                         | 1,2                           | 0,04                 |

P.İ.: DSI su alma yapısı pompa istasyonu

İ.D.: İstıracadere (Karamandere) istasyonu

S.D.: Sivasdere istasyonu



olabilecek herhangi bir değişime de dahil olmak üzere, islemin önemi ve büyüklüğünü değerlendirebilirler.

## BÖLÜM 5

### 5. MODEL ÇALIŞMASI

#### 5.1. GENEL

Bilimsel araştırmaların bir çok dalında fakat özellikle ekolojide matematik modeller kullanılır. Canlı organizmalar ve bunların karşılıklı ilişkileri kimyasal, fiziksel ve biyolojik olayları kapsar ve çevre kalitesi anlayışına yön verir. Yaşayan canlı sistemin dinamik, yapı ve fonksiyonunun anlaşılması için limnolojik, biyolojik veya mühendislik amaçlarına yönelik modeller geliştirilmiştir.

#### Modeller:

- 1- Ekosistemin bileşenleri arasındaki ilişkileri araştırmada,
- 2- Ekosistemin yapı, fonksiyon ve dinamiğini araştırmada,
- 3- Çevresel değişiklikleri tayin ve tanımlamada,
- 4- Çevresel değişiklikler için araç geliştirmede,
- 5- Sosyo-ekonomik proses ve ekosistem arasında karşılıklı ilişkiyi incelemeye,
- 6- Çevre araştırmalarının global uygunluğunu sağlamada veya artırmada,
- 7- Çevre uygulamaları için simulasyonu ilerletmede,
- 8- Çevresel eğitimi ilerletmede faydalıdır/22,25,40/.

Modellerin bileşenleri, ortamların gerçek indikatörü olacak şekilde seçilir. Modeller ekosistemin belirli bileşenlerini kontrol eden işlemleri inceleyerek, zamanla mevcut



olabilecek herhangi bir değişme de dahil olmak üzere, işlemin önemi ve büyüklüğünü değerlendirebilirler.

İlk su kalitesi modelleri organik maddelerin yüzeysel sularda meydana getirdiğı oksijen noksanlığının incelenmesiyle başlamış daha sonra çeşitli kirletici yüklerin su yatağında meydana getireceğı tesirlerin önceden tahmin edilmesini sağlayan matematik modeller geliştirilmiştir/25/.

#### Teorik Modeller

### 5.2. GÖLLERE UYGULANAN MODELLER

Göl ekosistemleri çok sayıda biyokimyasal olayları kapsar. Model, deneysel ve gözlemsel çalışmalarla üretilen hipotezi kontrol için düzenlenir.ve daha sonraki varsayımları oluşturmada kullanılır. Parametreler, biri diğ erinin fonksiyonu olarak çoklu bir regresyon halinde ifade edilir. Bu durumda ele alınmayan değişkenlerin etkisi fazla olabilir. Kolay ölçülebilen parametrelerle analizleri zor fakat önemli olan kirleticiler arasında bağıntı kurmaya çalışılır/40/.

Matematik modeller iki grupta toplanabilir.

1- Verilerin korelasyon analizi kullanılarak geliştirilen deneysel modeller.

2- Verilerden elde edilen bilgilerin birleştirilmesiyle kurulan teorik modeller.

#### Deneysel Modeller

Besi Maddesi yükü ile gölün besin seviyesi arasındaki bağıntıları, göl parametrelerine bağılı 1. kademe üretim modellerini kapsar/6/.

$$(P) = (L(P)/q_s)(1/(1+\sqrt{z/q_s}))$$



(P) : Göl fosfor konsantrasyonu

L(P): Yüzeysel fosfor yükü

$q_s$  : Hidrolik yük

$z$  : Ortalama derinlik

Homojen, iç yükün çok az olduğu sınırlayıcı elemanın fosfor olduğu göllere uygulanır.

### Teorik Modeller

Göl ve çevre parametrelerine bağlı göl besi maddesi modelleri gibi farklı sistem bileşenleri arasındaki bağıntıyı inceleyen modellerdir/6,25,38,41/.

$$1) V \frac{dc}{dt} = Q C_i - QC$$

V : Göl hacmi

C : Göl besi maddesi konsantrasyonu

$C_i$  : Giriş besi maddesi konsantrasyonu

Q : Debi.

Bu model göldeki korunabilen büyüklüklere uygulanabilir.

$$2) \frac{\Delta m_{su}}{\Delta t} = J - \frac{\Delta m_s}{\Delta t} - Q(m_{su})$$

J : Göle gelen toplam besi maddesi miktarı.

$$(m_{su}) = m_{su} / V$$

$m_{su}$  = Sudaki besi maddesi miktarı.

Bu model besi maddesi çevriminde çökelmenin etkisinin az olduğu, nisbeten daha az ötrofik sulara uygulanır.

$m_s$  : çökeltideki besi maddesi miktarı.



Göllere uygulanan modeller, pratikte amaçlarına göre üç grupta toplanırlar.

1- Basit Modeller: Yüzeysel sulardaki besi maddesi kirlenmesine optimum çözümlerin aranmasına yönelik modeller/38, 45, 46/.

$$\frac{\Delta m_{su}}{\Delta t} = J - \frac{\Delta m_s}{\Delta t} - Q \left( m_{su} \right)$$

2- Simülasyon Modeller: Doğal uygulama pratiklerinin mümkün olan bütün kombinasyonlarını kapsayan modellerdir/25/. Her bileşen için kütle korunumu denklemi uygulanır.

$$\frac{Vd(C1)}{dt} = Q_G(C1)_o - Q_c(C1) - VR_{12}(C1) - V_o R_{13}(C1) + VR_{41}(C4) + w1$$

$$\frac{Vd(C2)}{dt} = Q_G(C2)_o - Q_c(C2) + VR_{12}(C1) - V_o R_{23}(C2) + w2$$

$$\frac{Vd(C3)}{dt} = V_o R_{13}(C1) + V_o R_{23}(C2) - \frac{VG}{Z}(C3) - R_{34}V(C3) - Q_c(C3)$$

$$\frac{Vd(C4)}{dt} = Q_G(C4)_o - Q_c(C4) + R_{34}V(C3) - R_{41}V(C4) + w4$$

$$\frac{Vd(C5)}{dt} = Q_G(C5)_o - Q_c(C5) - R_{56}V_o(C5) + R_{75}V(C7) + w5$$

$$\frac{Vd(C6)}{dt} = V_o R_{56}(C5) - R_{67}V(C6) - \frac{VG}{Z}(C6) - Q_c(C6)$$

$$\frac{Vd(C7)}{dt} = Q_G(C7)_o - Q_c(C7) + R_{67}V(C6) - R_{75}V(C7) + w7$$

C1:  $NH_3-N$ , C2:  $(NO_3+NO_2)-N$ , C3: Bağlı organik-N,  
C4: Çözünmüş organik-N, C5: Reaktif-P, C6: Bağlı-P,  
C7: Çözünmüş organik-P,  $(C1)_o \dots (C7)_o$ : Giren suyun besi maddesi konsantrasyonu,  $w_i$ : Besi maddesi yükü,  $Q_G$ : Gelen su miktarı,  $Q_c$ : çıkan su miktarı, R: Reaksiyon hı-



zı sabitleri, G: çökelme hızı sabiti, V: Göl hacmi,  
V<sub>ö</sub>: Ötröfik bölge hacmi.

3- Ekolojik Modeller: Ekosistem bileşenlerinin kinetiğini inceleyen modellerdir. 1.kademe üretim göl ekosisteminin en önemli tek olayıdır ve en önemli modeli teşkil eder/18,19,40/.

$$P(0,z)(t_1,t_2) = \sum_{t_1}^{t_2} \sum_0^z p(z,t) = \int_0^z \int_{t_1}^{t_2} p(z,t) dt.$$

p: Günlük ortalama fotosentez

z: ışığın giriş derinliği.

Bu modellerde, deneylerden elde edilen bilgiler sistematik olarak incelenir, hipotezler kontrol edilir.

### 5.3. GÖLÜN ŞARTLARINA UYGUN MODEL SEÇİMİ

Göl ekosistemleri çok sayıda biyokimyasal olayları kapsar. Bütün sistemin bütün bileşenlerini kapsayan kompleks modellerde hem çok fazla veri gereklidir, hem de verilerin elde edilmesi güç ve masraflıdır. Önemli olan, modelin amaca göre seçilmesi, tatbik imkanı bakımından kolay olması, ortamdaki sebep sonuç olaylarını ifade etmesi ve dayandığı temel prensibin gölün şartlarına uygun olmasıdır/25,40/.

Basit modeller bir değişkene ait verileri kapsamasına rağmen gölün besin seviyesinin iyi bir göstergesi olurlar. Ötröfikasyon olayında çevresel değişikliklere karşı gölün tepkisini anlamada bu modeller faydalı olup uzun süreli göl beslenme havzası planlama ve uygulaması için yol gösterici olurlar. Bu görüş açısından, göle en uygun modelin, göldeki besi maddesi miktarını, besi maddesi kullanımının ve göldeki kayıpların fonksiyonu olarak veren, sınırlayıcı elemanı fosfor olan göllere uygulanan "Fosfor Bekleme Süresi Modeli"



olduğu görüldü/16,23,25,40/.

### 5.3.1. Fosfor Bekleme Süresi Modeli

Göldeki besi maddesi miktarı, besi maddesi kullanımının ve göldeki kayıpların fonksiyonudur. Kayıplar göl çıkışında ve sedimentte olur. Besi maddesi dipçökeltisi tarafından hem absorblanır, hem suya geri bırakılır. Doğal denge sedimentte birikimle sonuçlanır. Bu birikim, sudaki besi maddesi miktarıyla orantılıdır/38,45,46/.

$$\frac{\Delta m_s}{\Delta t} = \sigma m_{su}$$

Göldeki besi maddesinin değişim hızı:

$$\frac{dm_{su}}{dt} = J - \frac{\Delta m_s}{\Delta t} - Q (m_{su})$$

$$\frac{dm_{su}}{dt} = J - \sigma m_{su} - \frac{Q}{V} m_{su}$$

$$\frac{dm_{su}}{dt} = J - (\sigma + \rho) m_{su}$$

$\sigma$ : Çökelme katsayısı

$\rho$ : Suyun yıllık akış hızı

Besi maddesi yükündeki bir değişmeye karşılık gölün nasıl ve ne hızla tepki göstereceğini belirlemek için denkleme konsantrasyonlar cinsinden yazılır.

$$V \frac{dc}{dt} = J - \sigma cV - Q c$$



$$\frac{dC}{dt} = \frac{J}{V} - \left(\frac{\sigma V + Q}{V}\right)C$$

$$R_p = \frac{V}{\sigma V + Q}$$

$R_p$  = Fosforun Bekleme Süresi

$$l(P) = \frac{J}{V}$$

$l(P)$  = Hacimsel yük

$$\frac{dC}{dt} + \frac{1}{R_p} C = l(P)$$

Bu denklem doğrudan intergre edilir ve  $t=0$  için  $C=C_0$  sınır şartı uygulanarak

$$C = l(P) \cdot R_p - (l(P)R_p - C_0) e^{-t/R_p}$$

bulunur. Göldeki kararlı fosfor konsantrasyonu,  $C_\infty$ , hacimsel yükten  $R_p$  faktörü kadar farklıdır ( $t \rightarrow \infty$ ). Göl konsantrasyonu kararlı konsantrasyon cinsinden yazılırsa:

$$C = C_\infty - (C_\infty - C_0) e^{-t/R_p}$$

bulunur. Bu denklem yükteki bir azalmaya karşılık gölün tepkisini araştırmada kullanılır.

### 5.3.2. Fosfor Bekleme Süresinin Hesaplanması

Ötröfik göllerde göl sınırlayıcı elemanının bekleme süresi önemli bir referans parametre olmaktadır. Sınırlayıcı elemanın bekleme süresi suyun bekleme süresinden büyükse eleman su fazında, küçükse çökelti fazında birirmektedir/6,10/. Çökeltme katsayısının ölçülmesi çok güç olduğu için, diğer ölçülen değerlerden hesaplanarak fosforun bekleme süresi



bulunur/6,38,39,44/.

$$(P) = \frac{L(P)}{z(\sigma + \rho)}$$

(P) : Göl fosfor konsantrasyonu

L(P): Yüzeysel fosfor yükü

$\rho$  : Suyun yıllık akış hızı ( $1/R_{su}$ )

$\sigma$  : Çökelme katsayısı

$$R_p = \frac{V}{V\sigma + Q}$$

$R_p$  : Fosforun bekleme süresi

V : Göl hacmi

Q : Suyun giriş debisi

Terkos Gölü için;

$$(P) = 0,061 \text{ mg/l (g/m}^3\text{)}$$

$$L(P) = 1,076 \text{ gP/m}^2\text{-yıl}$$

$$z = 3,96 \text{ m}$$

$$\rho = 1/0,82 = 1,215 \text{ yıl}^{-1}$$

$$\sigma = 3,239 \text{ yıl}^{-1}$$

$$V = 113,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$Q = 138,17 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl.}$$

$$R_p = 0,2243 \text{ yıl}$$

bulunmuştur.  $R_p = 0,2243 < R_{su} = 0,82$  olduğu için göl fosforu çökelti fazında birikmektedir.

Bekleme süresi, sıfır konsantrasyondan başlayarak mevcut konsantrasyona ulaşmak için gerekli teorik süreyi ta-

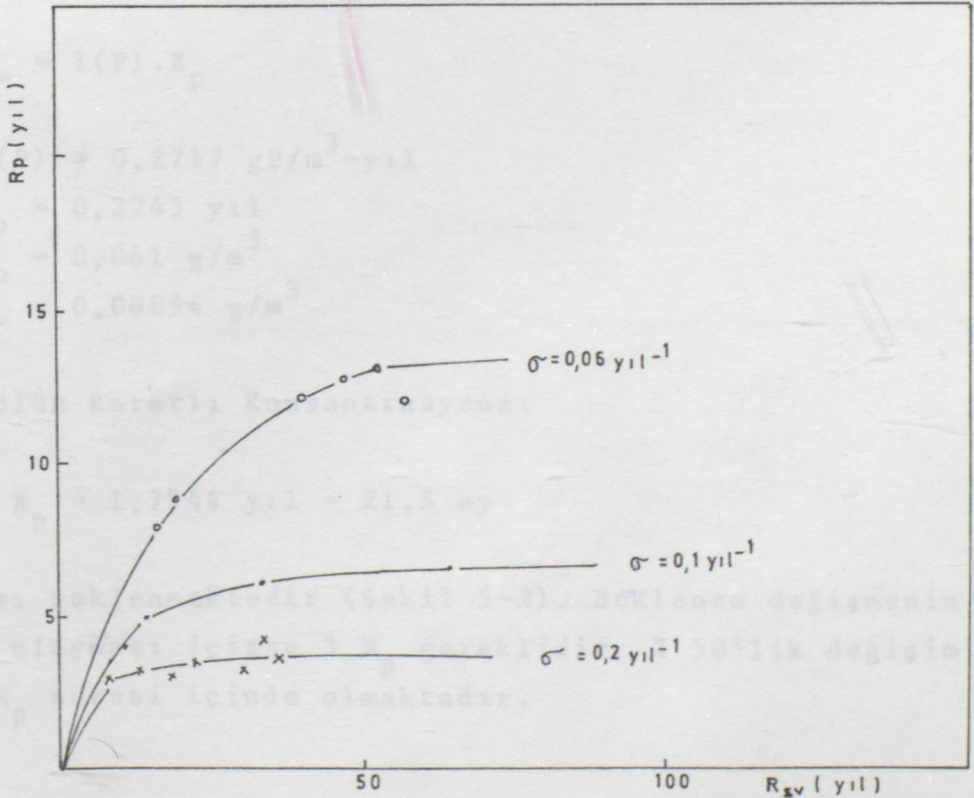


nımlar. Fosfor ve hidrolik bekleme süreleri birbirleriyle bağıntılıdır/4/.

$$R_p = \frac{1}{\frac{1}{R_{su}} + \sigma}$$

Belirli bir  $\sigma$  değeri için  $R_{su}$  büyüdükçe,  $R_p$  nin etkisi azalmakta,  $R_{su}$  küçüldükçe  $R_p$ ,  $R_{su}$ 'ya yaklaşmakta ve kimyasal aktivite daha az önemli olmaktadır.  $\sigma$  küçüldükçe  $R_p$ ,  $R_{su}$ 'ya yaklaşmakta ve fosfor su kimyasındaki yeri bakımından korunabilen madde gibi davranmaktadır. Bu durum oligotropik göllerde raslanan  $R_p \approx R_{su}$  durumudur/6,48/.  $\sigma$  nin hipotetik değerleri için Terkos Gölüne ait  $R_p$  ve  $R_{su}$  arasındaki bağıntı Şekil 5-1'de görülmektedir.

$\sigma = 3,239 \text{ yıl}^{-1}$ ,  $R_{su}$  eksenine iyice yaklaşmaktadır.  $R_{su}$  küçüldükçe  $R_p$ 'nin  $R_{su}$ 'ya yaklaşması çok yavaş olacağı için kimyasal aktivite önemli olmakta ve fosfor gölde korunmayan bir madde olarak kalmaktadır.



ŞEKİL 5-1.  $\sigma$  nin Hipotetik değerleri için  $R_p$  ve  $R_{su}$  arasındaki bağıntı



### 5.3.3. Kararlı Fosfor Konsantrasyonunun İncelenmesi

Göle gelen fosfor yükü, doğal tesadüfi şartlara bağlı olarak değişiklik göstereceği için göl fosfor konsantrasyonu da bundan etkilenecektir. Göle gelen fosfor yükü seneden seneye, iklim şartlarına ve havza kullanımının farklılık göstermesine göre değişeceği için göl fosfor konsantrasyonu da devamlı değişecek ve kararlı bir değere ulaşamayacaktır.

Göl kararlı konsantrasyonu, modelden bulunduğu şekliyle:

$$C = C_{\infty} + (C_0 - C_{\infty}) e^{-t/R_p}$$

yazılabilir. Eğer göl konsantrasyonu yükteki bir azalmadan önce kararlı konsantrasyonda ise, yükteki % 50'li bir değişmeye karşılık göl konsantrasyonunda da % 50 bir değişme olur. Göl yeni konsantrasyona, fosfor bekleme süresinin fonksiyonu ve logaritmik olarak yaklaşır.

$$C_{\infty} = l(P) \cdot R_p$$

$$l(P) = 0,2717 \text{ gP/m}^3\text{-yıl}$$

$$R_p = 0,2243 \text{ yıl}$$

$$C_0 = 0,061 \text{ g/m}^3$$

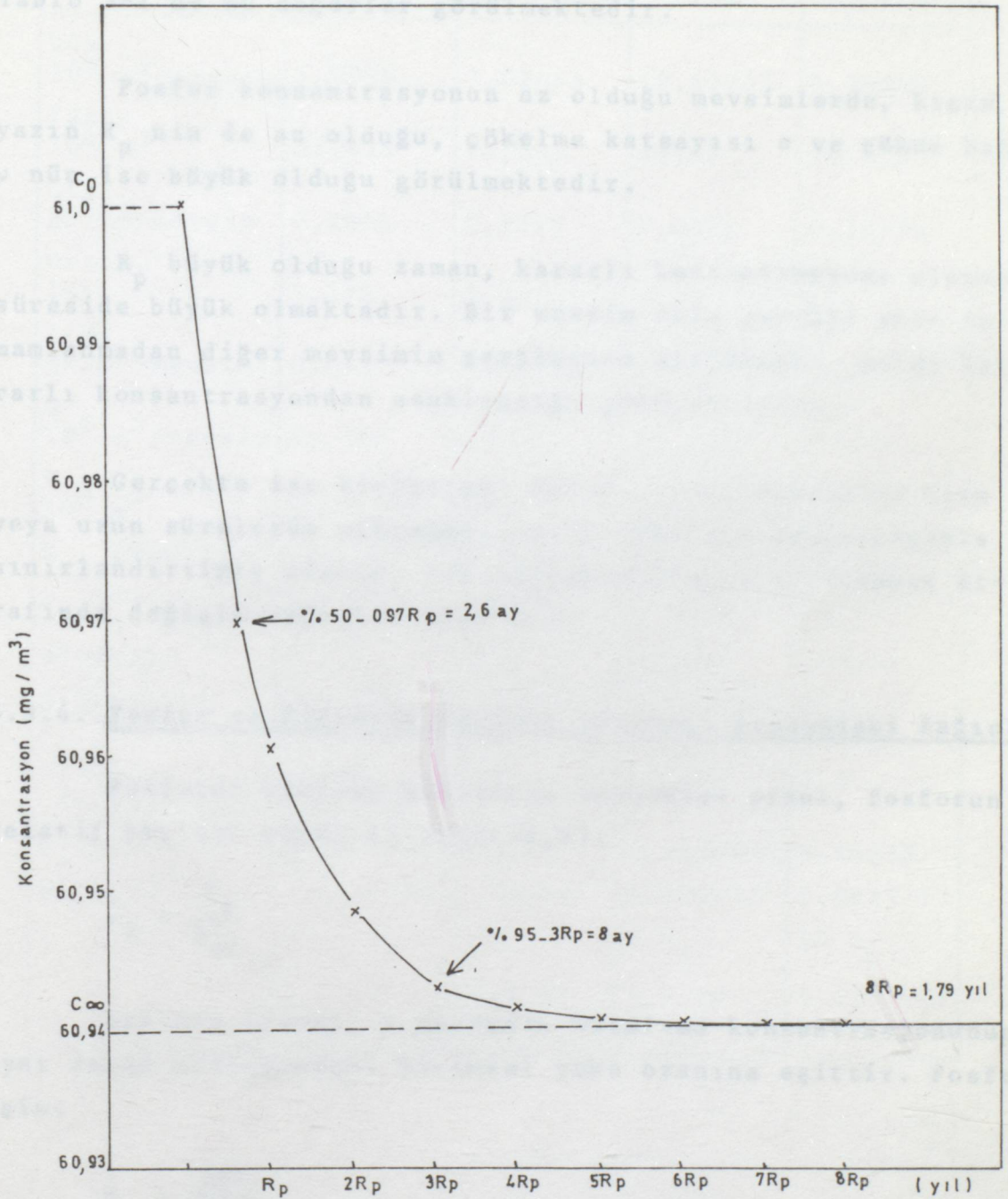
$$C_{\infty} = 0,06094 \text{ g/m}^3$$

Gölün Kararlı Konsantrasyona:

$$8 R_p = 1,7944 \text{ yıl} = 21,5 \text{ ay}$$

yaklaşması beklenmektedir (Şekil 5-2). Beklenen değişimin % 95'ine ulaşması içinse  $3 R_p$  gereklidir. % 50'lik değişim ise ilk  $R_p$  süresi içinde olmaktadır.





ŞEKİL 5-2. Fosfor girişindeki bir azalmayı takiben göl fosfor konsantrasyonunun değişimi



Yükün mevsimlik dağılımına bağlı olarak mevsimlik kararlı konsantrasyona ulaşma süreleri de değişik olacaktır. Tablo 5-1'de bu değerler görülmektedir.

Fosfor konsantrasyonun az olduğu mevsimlerde, kışın ve yazın  $R_p$  nin de az olduğu, çökelme katsayısı  $\sigma$  ve çökme hızı  $v$  nün ise büyük olduğu görülmektedir.

$R_p$  büyük olduğu zaman, kararlı konsantrasyona ulaşma süreside büyük olmaktadır. Bir mevsim için gerekli süre tamamlanmadan diğer mevsimin şartlarına girilmekte, gölün kararlı konsantrasyondan uzaklaştığı görülmektedir.

Gerçekte ise hiçbir göl kararlı konsantrasyona kısa veya uzun sürelerde ulaşamaz, ancak depolama kapasitesiyle sınırlandırılmış olarak, çok sayıda yılların ortalaması etrafında değişik değerler alır/44/.

#### 5.3.4. Fosfor ve Hidrolik Bekleme Süreleri Arasındaki Bağntı

Fosforun bekleme süresinin suyunkine oranı, fosforun relatif bekleme süresini verir/4,6/.

$$\pi_R = \frac{R_p}{R_{su}}$$

Bekleme süresi, o maddenin ortalama konsantrasyonunun aynı zaman aralığındaki hacimsel yüke oranına eşittir. Fosfor için:

$$R_p = \frac{(P)}{l(P)}$$

Fosfor yük, hidrolik yükden bağımsız olamayacağı için relatif bekleme süresi:

$$\pi_R = \frac{R_p}{R_{su}} = \frac{(P)/l(P)}{V/Q} = \frac{(P)}{(P)_i}$$



TABLO 5-1. Yükün Mevsimlik Dağılımına Bağlı  $R_p$  Değerleri

|                                      | Kış                 | İlkbahar                      | Yaz               | Sonbahar                         |
|--------------------------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------|----------------------------------|
| Yük<br>$10^6$ gP/mevsim              | 7,1766              | 7,02033                       | 10,43085          | 8,38094                          |
| Yüzey<br>$10^6$ m <sup>2</sup>       | 25,125              | 29,5                          | 29,58             | 26,875                           |
| L(p)<br>gP/m <sup>2</sup> -mevsim    | 0,2856              | 0,2379                        | 0,3526            | 0,32779                          |
| Ort.D.<br>(m)                        | 3,138               | 4,50                          | 4,51              | 3,5                              |
| l(P)<br>gP/m <sup>3</sup> -mevsim    | 0,091               | 0,05288                       | 0,07818           | 0,09365                          |
| $Q$<br>$10^6$ m <sup>3</sup> /mevsim | 42,098              | 56,714                        | 26,646            | 9,813                            |
| $V$<br>$10^6$ m <sup>3</sup>         | 79                  | 133                           | 109,8             | 104                              |
| $R_{sv}$ (mevsim)                    | 1,87657             | 2,3451                        | 4,12              | 10,598                           |
| $\rho_{su}$ (mevsim <sup>-1</sup> )  | 0,532886            | 0,426                         | 0,2426            | 0,094                            |
| $\sigma$ (mevsim <sup>-1</sup> )     | 1,733               | 0,17                          | 2,6577            | 0,9155                           |
| $R_p$ (mevsim)                       | 0,4413<br>≈26,5 gün | 1,6766<br>≈3,35 ay            | 0,34478<br>1,7 ay | 0,99<br>≈2 ay                    |
| $v$ (=σ.z)<br>(m/yıl)                | 5,438               | 0,765                         | 11,986            | 3,2                              |
| $C_o$ (g/m <sup>3</sup> )            | 0,0401667           | 0,0888                        | 0,0269556         | 0,09333                          |
| $C_\infty$ (g/m <sup>3</sup> )       | 0,0401609           | 0,088662                      | 0,0269551         | 0,0927177                        |
| t                                    | 5 $R_p$<br>4,4 ay   | 8 $R_p$<br>26,8 ay<br>2,2 yıl | 3 $R_p$<br>5,1 ay | 10 $R_p$<br>1,627 yıl<br>19,8 ay |



bulunur. Vollenweider'in deneysel olarak bulduğu yük modelinden ise/6/:

$$(P) = \underbrace{(L(P)/q_s)}_{(P)_i} \underbrace{(1/(1+\sqrt{z/q_s}))}_{R_{su}}$$

$$\frac{(P)}{(P)_i} = \frac{1}{1+\sqrt{R_{su}}}$$

$$\pi_R = \frac{1}{1+\sqrt{R_{su}}} \quad \text{bulunur.}$$

$(P)$  = Göl fosfor konsantrasyonu

$(P)_i$  = Göle gelen fosfor konsantrasyonu

Eğer  $\pi_R$ ,  $R_{su}$ 'ya bağlı ve  $R_{su}$ 'da oldukça kısa ise  $\pi_R$ , bire yaklaşır, göl fosfor konsantrasyonu değişmez.  $R_{su}$  oldukça uzunsa  $\pi_R$ , sıfıra yaklaşır/4/.

$$\lim_{R_{su} \rightarrow 0} \frac{1}{1+\sqrt{R_{su}}} = 1$$

$$\lim_{R_{su} \rightarrow \infty} \frac{1}{1+\sqrt{R_{su}}} = 0$$

$\pi_R = 1/(1+a R_{su}^b)$  şeklinde genelleştirilebilir. Bu değerler sığ göller için  $a=2,271$  ve  $b=0,586$  olarak bulunmuştur/4/. Terkos gölü için  $b=1/2$  alınarak  $a=2,94$  bulunmuştur.  $\sigma = 12,8/z$  alınarak diğer yıllara ait  $R_p$  değerleri hesaplanmış,  $\pi_R = R_p/R_{su}$  ve  $\pi'_R = 1/(1+a\sqrt{R_{su}})$  değerleri (Tablo 5-2, Şekil 5-3) de gösterilmiştir. Aynı  $a$  ve  $b$  değerleri kullanılarak,  $z < 20$  m olan 41 göle ait  $\pi_R$  ve  $\pi'_R$  değerleri hesaplanmış ve Şekil 5-3'te gösterilmiştir. Bu şekildeki noktaların dağılımı  $\pi_R$  ve  $\pi'_R$  arasındaki bağıntısının oldukça iyi olduğunu göstermektedir.



Böylece, göle ait Q, V, z, (P) değerleri bilinir.

| Fosfor Relatif Bekleme Süresi Modeli Kullanılarak; |         |         |         |        |        |        |        |
|----------------------------------------------------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Z(m)                                               | 4,97    | 5,049   | 5,449   | 5,13   | 5,39   | 3,69   | 3,96   |
| $\pi_R = 1/(1+2,94\sqrt{R_{su}})$                  | 170,595 | 157,51  | 168,344 | 104,35 | 113,75 |        |        |
| $Q(10^6 \text{ m}^3/\text{yıl})$                   | 177,202 | 174,035 | 172,69  | 280,33 | 167,48 | 84,122 | 138,17 |
| $R_p = \pi_R \cdot R_{su}$                         | 0,8883  | 0,9878  | 0,5618  | 1,003  | 1,24   | 0,823  |        |
| $\sigma(y_1)^{-1}$                                 |         |         |         |        |        | 3,239  |        |
| $\sigma = \frac{V/R_p - Q}{V}$                     | 2,57    | 2,535   |         |        | 2,374  | 3,23   | 3,239  |
| $(R_p = \frac{V}{V\sigma+Q})$                      |         |         |         |        |        |        |        |
| $(P) = \frac{L(P)}{Z(\sigma+\rho)}$                | 0,2651  | 0,2549  | 0,317   | 0,2533 | 0,2339 | 0,2727 |        |

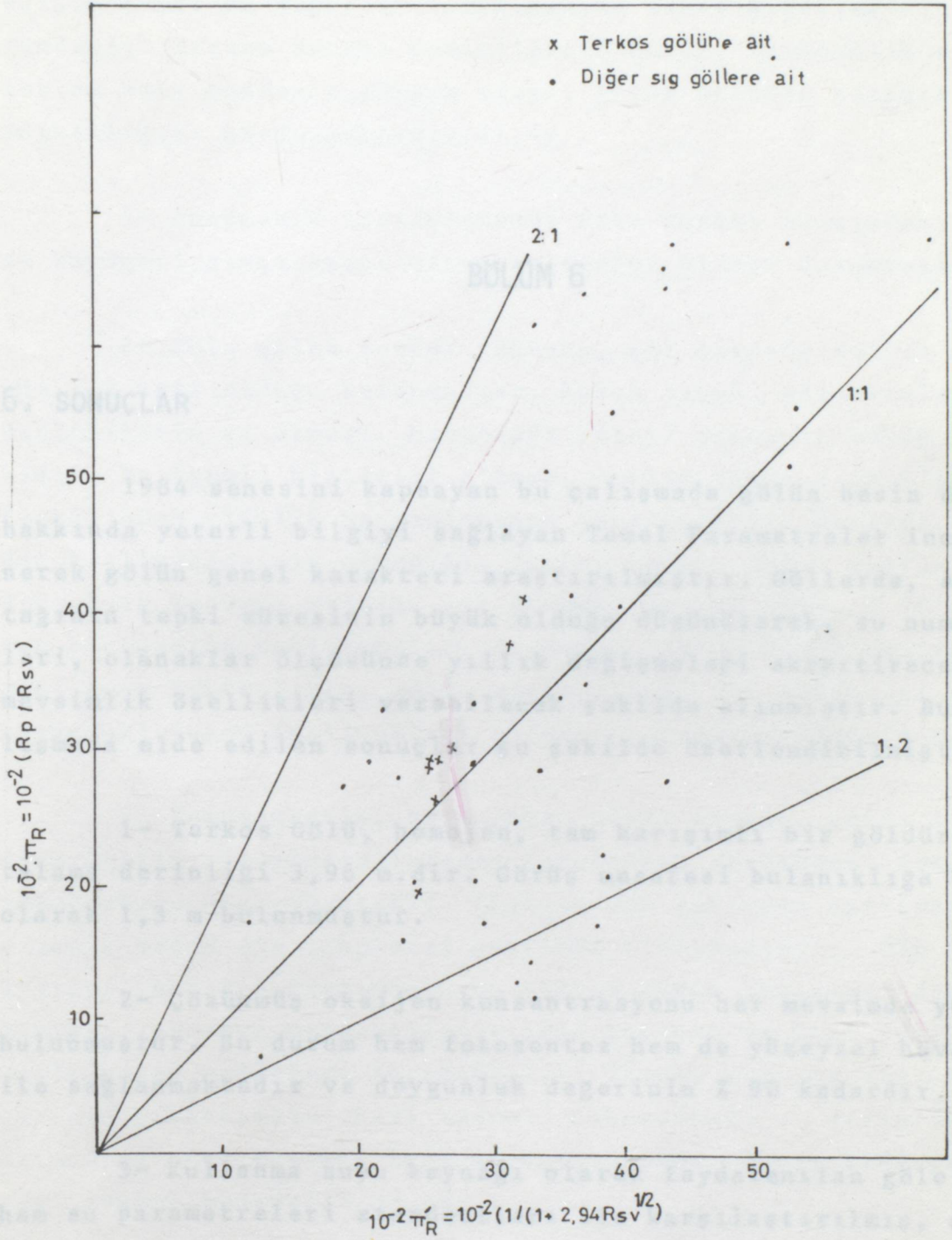
Göl fosfor konsantrasyonu hesaplanabilecektir. Ölçülmesi zor ve masraflı olan fosfor miktarı ölçümü kolay olan büyüklüklerden bulunabilir.



TABLO 5-2. Deneysel ve Hipotetik Relatif Bekleme Süreleri

|                                                  | 1 9 7 8 | 1 9 7 9 | 1 9 8 0 | 1981   | 1 9 8 2 | 1 9 8 3 | 1984   |
|--------------------------------------------------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|
| Z(m)                                             | 4,97    | 5,049   | 5,449   | 5,13   | 5,39    | 3,69    | 3,96   |
| V(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )               | 110,739 | 154,029 | 170,595 | 157,51 | 168,344 | 104,35  | 113,75 |
| Q(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yıl)           | 177,202 | 174,035 | 172,69  | 280,33 | 167,48  | 84,122  | 138,17 |
| R <sub>su</sub> (yıl)                            | 0,6249  | 0,8885  | 0,9878  | 0,5618 | 1,005   | 1,24    | 0,823  |
| σ(yıl <sup>-1</sup> )                            |         |         |         |        |         |         | 3,239  |
| σ=12,8/Z                                         | 2,57    | 2,535   | 2,349   | 2,49   | 2,374   | 3,23    | 3,239  |
| R <sub>p</sub> (yıl)                             | 0,239   | 0,27    | 0,297   | 0,2339 | 0,2967  | 0,2476  | 0,2245 |
| R <sub>p</sub> = V/(σV+Q)                        |         |         |         |        |         |         |        |
| Π <sub>R</sub> = R <sub>p</sub> /R <sub>su</sub> | 0,3832  | 0,3070  | 0,301   | 0,416  | 0,2952  | 0,1996  | 0,2727 |
| Π <sub>R</sub> ' = $\frac{1}{1+aR_{su}^b}$       | 0,3008  | 0,2651  | 0,2549  | 0,312  | 0,2533  | 0,2339  | 0,2727 |
| (b=1/2<br>a=2,94                                 |         |         |         |        |         |         |        |





ŞEKİL 5-3. Deneysel ve Hipotetik Relatif Bekleme Süreleri Arasındaki Bağntı



azot: 4,268 mg/l ve ortalama klorofil-a: 10,2 mg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Bu değerler Ströfikasyon sınır değerlerinin üstündedir. Ayrıca Secchi Derinliğinin düşük, illatlılık ve toplam katı maddenin yüksek olması gölün Ströfik karaktere yatkınlığını göstermektedir/11.49/.

5- Anorganik Azot/Çözünmüş Orto Fosfat oranından, gölde büyüme sınırlayıcı elementin fosfor olduğu bulunmuştur.

## BÖLÜM 6

6- Gölde gelen fosfor miktarı, göl münasabe edilen yüksek olduğu bulunmuştur. Bunun sebebi göl ortalama derinliğinin az olması, havza/göl yüzeyi oranının büyük olmasıdır.

### 6. SONUÇLAR

1984 senesini kapsayan bu çalışmada gölün besin durumu hakkında yeterli bilgiyi sağlayan Temel Parametreler incelemesi gölün genel karakteri araştırılmıştır. Göllerde, su yatağının tepki süresinin büyük olduğu düşünülerek, su numuneleri, olanaklar ölçüsünde yıllık değişimleri aksettirecek ve mevsimlik özellikleri verebilecek şekilde alınmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlendirilmiştir/37/.

1- Terkos Gölü, homojen, tam karışımli bir göldür. Ortalama derinliği 3,96 m.dir. Görüş mesafesi bulanıklığa bağlı olarak 1,3 m bulunmuştur.

2- Çözünmüş oksijen konsantrasyonu her mevsimde yüksek bulunmuştur. Bu durum hem fotosentez hem de yüzeysel havalanma ile sağlanmaktadır ve doygunluk değerinin % 90 kadardır.

3- Kullanma suyu kaynağı olarak faydalanılan göle ait ham su parametreleri standartları ile karşılaştırılmış, amonyak konsantrasyonunun standartlarının üstünde, diğerlerinin standartlara uygun olduğu görülmüştür. Amonyak fazlalığı canlı aktivitesinin etkisini göstermektedir/48/.

4- Ortalama toplam fosfor: 0,061 mg/l, ortalama toplam



azot: 4,268 mg/l ve ortalama klorofil-a: 10,2 mg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Bu değerler ötröfikasyon sınır değerlerinin üstündedir. Ayrıca Secchi Derinliğinin düşük, iletkenlik ve toplam katı maddenin yüksek olması gölün ötröfik karaktere yatkınlığını göstermektedir/11,49/.

5- Anorganik Azot/Çözünmüş Orto Fosfat oranından, gölde büyümeyi sınırlayıcı elemanın fosfor olduğu bulunmuştur.

6- Göle gelen fosfor yükünün, göl müsaade edilen yükünün 7,2 katı olduğu bulunmuştur. Bunun sebebi göl ortalama derinliğinin az olması, havza/göl yüzeyi oranının büyük olmasıdır. En önemli kirletici eleman, toplam yükün % 59,8'ini teşkil eden çiftlik hayvanlarının gübreleridir. Havzada, insan faaliyetlerinin olmadığı, yükün, sadece doğal şartların etkisiyle meydana geldiği bir durumda, mevcut yükte % 70'e varan bir azalma beklenebilir. Bu durum, gölün besin seviyesine etki eden faktörlerin, gölün morfolojisi, ilk derinliği ve havzadaki insan faaliyetleri olduğunu göstermektedir/4,6/.

7- Fotosentezin, solunumdan büyük olması, gölde 1. kademede üretim ile mineralizasyon kapasitesi arasındaki dengenin bozulduğunu göstermektedir. Böylece çok miktarda ayrışmamış organik madde dip çökeltisi üzerinde birikmektedir. Dip çökeltisi, organik üretimin uzun yıllar süren ayrışmasından artıkları, erozyon materyali ile göle taşınan ve uzun süre suda asılı kalan maddeleri taşımaktadır. Tarama yoluyla dip çökeltisinin çıkarılması, besi maddesi çıkarılması ve derinliğin artmasına etki edeceği için su kalitesinde olumlu etki yapacağı düşünülmüştür/23,37,42/.

8- Deneylerden elde edilen ve hesaplanan değerler birleştirilerek, göle "Fosfor Bekleme Süresi" modeli uygulanmıştır. Fosfor bekleme süresi: 0,2243 yıl < hidrolik bekleme süresi: 0,82 yıl olduğu için göl fosforu çökelti fazında birik-



mektedir. Gölün, yükteki bir değişmeye karşılık, kararlı konsantrasyona  $8 R_p = 21,5$  ayda ulaşması beklenmektedir. Ancak göl kararlı konsantrasyona ulaşmadan mevsim şartları değişeceği için yükün de tesadüfi doğal şartlara bağlı olarak değişeceği ve göl konsantrasyonunun ortalama bir değer etrafında değişik değerler alacağı görülmüştür/6,11,38/.

9- Elde edilen verilerden faydalanarak, kolay ölçülebilen parametrelerle, analizleri zor fakat önemli olan parametreler arasında bağıntı kurmaya çalışılmıştır. Bunun için hidrolik ve fosfor bekleme süreleri arasındaki bağıntı incelenmiş ve Fosfor Relatif Bekleme Süresi modeli göle uygulanmıştır. Bu model yardımıyla göle ait hacim, debi, ortalama derinlik, yüzeysel yük değerleri bilinirse, göl ortalama fosfor konsantrasyonu hesaplanabilecektir/4/.

10- Bugünkü haliyle ötröfik karakterde olan Terkos Gölü, aynı şartların süregitmesi durumunda, zamanla ortalama derinliğin azalması, çökelti fazından su fazına geçen fosforun artmasıyla ileri ötröfikasyon veya hızlandırılmış ötröfikasyon karakterine dönecektir. Bu ise gölün sığ kısımlarından başlayarak bataklığa dönüşmesi anlamını taşır. Bunun için soruna gerçekçi bir şekilde yaklaşarak, geç kalınmadan önlem alınmalı ve uygulamaya konmalıdır. Su kalitesini korumada önlem olarak havzadaki faaliyetlerin yasal yollardan sınırlandırılması ve kontrolü öngörülmektedir.



KAYNAKLAR

1. Rutner, F. Fundamentals of Limnology, 1971, Toronto.
2. Odum, E. Fundamentals of Ecology, 1971, Philadelphia.
3. Fogg, G.E. Algal Cultures and Phytoplankton Ecology, 1975, London.
4. Clasen, J. and H. Bernhardt. OECD Eutrophication Programme Project: Shallow Lakes and Reservoirs. F.R. 1980, G.B.
5. Vollenweider, R.A. Scientific Fundamentals of the Eutrophication of Lakes and Flowing Waters, with Particular Reference to Nitrogen and Phosphorus as Factor in Eutrophication. OECD, Paris, 1971.
6. Rast, W. and G.F. Lee. Summary Analysis of the North American OECD Eutrophication Project: Nutrient Loading-Lake Response Relationship and Trophic State Indices. 1978, USA.
7. Golterman, H.L. Physiological Limnology, 1976 N.Y.
8. Moore, J.W. and E.A. Moore. Environmental Chemistry, 1976, USA.



9. Clark, G.L. Elements of Ecology. 1954, USA.
10. Stum, W. and J.J. Morgan. Aquatic Chemistry, 1970, N.Y.
11. Eutrophication of Water Monitoring, Assessment and Control. OECD, Paris, 1982.
12. Tebbutt. Principles of Water Quality Control, 1979, G.B.
13. Biggar, J.W. and R.B. Coney. Agricultural Drainage and Eutrophication, in: Eutrophication, Causes, Consequences, Correctives. 1971, USA.
14. Porcella, D.B. and A.B. Bisphop. Comprehensive Management of Phosphorus Water Pollution. USA, 1975.
15. Kramer, J.R., S.E. Merbes and H.E. Allen. Phosphorus: Analysis of Water, Biomas and Sediment. in: Nutrients in Natural Waters, 1972. U.S.A.
16. Brezonik, P.L. Nitrogen: Sources and Transformations in Natural Lakes. in: Nutrients in Natural Waters. 1972. USA.
17. Lung, W.S. et al. Phosphorus Models for Eutrophic Lakes. 1976 Water Res. Vol:10(1101-1114).
18. Talling, J.F. Generalized and Specialized Features of Phytoplankton as a form of Photosynthetic cover. in: Prediction and Measurement of Photosynthetic Productivity. Proc. IBP/PP. Tec. Meeting, Trebon. Centre Agr. Publ. Doc. Wageningen.



19. Vollenweider, R.A. Models for Calculating Integral Water Photosynthesis and some Implications. Regarding Structural Properties of Community Metabolism of Aquatic Systems. in: Prediction and Measurement of Photo-synthetic Productivity. Proc. LBP/P.P. Tec. Meeting. Trebon. Centre Agr. Publ. Doc. Wageningen.
20. Uttormak, P.D., J.D. Chapin and K.M. Green. Estimating Nutrient Loadings of Lakes from Nonpoint Sources, 1974 Washington.
21. Nakano, H. and H. Seki. Impact of Nutrient Enrichment in a Waterchessnut Ecosystem at Takahama-iri Bay of Lake Kessiguara. 1981. Water, Air and Soil Pollution 15(215-227).
22. Jeffers, N.J. Systems Analysis and Modeling Strategies in Ecology. Sym. on: The use of Mathematical Models in Water Pollution Control. 10-14 Sept. 1973. Univ. of New Castle Upon Tyne. U.K.
23. Edmondson, W.T. Eutrophication in North America. in: Eutrophication, Causes, Consequences, Correctives, 1971. USA.
24. Williams, J.D.M. and T. Mayer. Effects of Sediment Diagenesis and Regeneration of Phosphorus with Special Reference to Lake Erie and Ontario. in: Nutrients in Natural Waters. 1972, USA.
25. Karpuzcu, M. Suların Besi Maddesi ile Kirlenmesi ve Bir Matematik Model. Teknik Rapor, 41, İTÜ, 1982.
26. Sonzogni, W.C. and G.F. Lee. Nutrient Sources for Lake Mendota. 1972 Trans. Wisc. Acad. Sci. Arts. Lett. 1974 Vol. 62 (133-164).



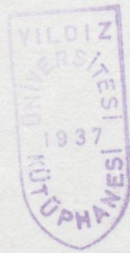
27. Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, AWWA and WCPF, 1976 N.Y.
28. Creit, G.I. and F.A. Richards. The Estimation and Characterization of Plankton Populations by Pigment Analysis. III A note on the use of Millipore Membrane Filter in the Estimation of Plankton Pigments. J.Mar.Res. 155-14 (211-216).
29. Person, T.R. and J.D.H. Strickland. Discussion of Spectrophotometric Determination of Marine-plant Pigments with Revised Equations for Ascertaining Chlorophyll-a and Caretenoids. J.Mar.Res. 21(155-163).
30. Richard, F.A. and T.G. Thompson. The Estimation and Characterization of Plankton Populations by Pigment Analysis. IX A Spectrophotometric Method for the estimation of Plankton Pigments. J.Mar.Res. 11(156-172).
31. Akartuna, M. Çatalca-Karacaköy Jeolojisi. 1953, İ.Ü.13.
32. Erentöz, C. Çatalca Bölgesi Jeolojik Tetkikleri, 1953, İ.Ü.
33. Zillioğlu, M. Evliya Çelebi Seyahatnamesi, 1966, İstanbul.
34. Kantarcı, D. Trakya'da Bir Orman Köyü Çevresinde Ormanın Meraya ve Tarlaya Dönüştürülmesi ile Orman Toprağının bazı Özelliklerinde Meydana Gelen Değişiklikler. İ.Ü. Orman Fak.Dergisi A XXIV, Sayı 1, 1974.
35. Kemp, A.L.W. et all. Change in C, P, N and S in the Last 140 Years in Three Cores from Lakes Ontario, Erie and Huron. in: Nutrients in Natural Waters, 1972, U.S.A.



36. Erşen, N. ve G.Önal. Toprak Kirliliği. Çevre 86, Semp. İzmir. Concerning the Budget of Substances in Lakes, 1969. April. Arch. Hydrobiol. 66(1-26).
37. Karpuzcu, M. Çevre Mühendisliğine Giriş. İTÜ, 1984.
38. Dillon, P.J. The Application of the Phosphorus Loading Concept to the Eutrophication Research. 1974 Canada.
39. Bachman, R.W. The Role of Agricultural Sediments and Chemicals in Eutrophication. Feature 1984. Oct. (2425-2431).
40. Proceeding of Eutrophication Workshop. 1980, Canberra.
41. Sonzogni, W.C. et al. A Phosphorus Residence Time Model: Theory and Application, 1976. Wat.Res.Vol. 10(429-435).
42. Livermoore, D.C. and W.E.Wunderlich. Mechanical Removal of Organic Production. in: Eutrophication, Causes, Consequences, Correctives, 1971, USA.
43. Lee, G.F. Factors Effecting the Transfer of Materials Between Water and Sediments, 1970. July, Literature Review No.1. Wisconsin.
44. Hauman, D. and T.D.Warte. The Kinetics of Phosphate Removal in Small Alkaline Lakes by Natural and Artificial Processes (1978-31 July). Water. Air and Soil Pollution.
45. Lorenzon, M.W. Predicting the Effects of Nutrient Diversiyon on Lake Recovery. in: Modeling the Eutrophication Process.



46. Vollenweider, R.A. Possibilities and Limits of Elementary Models Concerning the Budget of Substances in Lakes, 1969. April. Arch. Hydrobiol. 66(1-36).
47. Büyük İstanbul Projesi, Terkos Gölü Tevzii ve Aktarma Tesisleri.
48. Resmi Gazete. İçme Suyu Standartları, 18340-13 Mart 1984.
49. Handbook of Environmental Control. Vol:III, 1974-U.S.A.
50. Damoc (-) Master Plan Feasibility Report for Water Supply and Sewage for the İstanbul Region, 1971.
51. Toprak ve Gübre Araştırmaları Enstitüsü Yayınları-1984, Genel Yayın: 124.
52. DSİ, 14.Bölge Planlama Bölümü.





## Ö Z G E Ç M İ Ş

İlk ve Orta Tahsilini İstanbul'da tamamlayan Nilüfer Güldede 1971'de İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi, Fizik-Kimya bölümünden mezun olmuştur.

1973 yılında Kadıköy Mim.Müh.Yüksek Okulunda asistan olarak göreve başlamış ve halen Yıldız Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.

