

168799

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

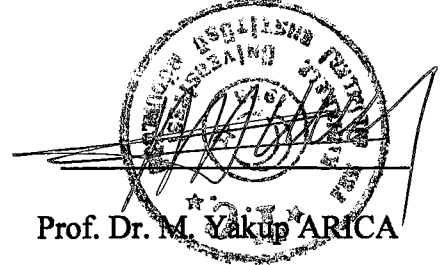
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

KAPULUKAYA BARAJ GÖLÜ'NDEKİ (KIRIKKALE) FİZİKSEL VE  
KİMYASAL DEĞİŞİKLİKLERİN SU KALİTESİNE İLİŞKİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ

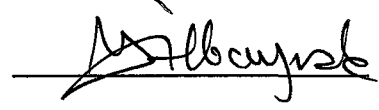
GÖKBEN BAŞARAN

OCAK 2005

Fen Bilimleri Enstitü Müdürlüğünün onayı.

  
Prof. Dr. M. Yakup ARICA  
Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak Biyoloji Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.



Prof. Dr. İrfan ALBAYRAK  
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumuzu ve Yüksek Lisans tezi olarak bütün gerekliliklerini yerine getirdiğini onaylarız.



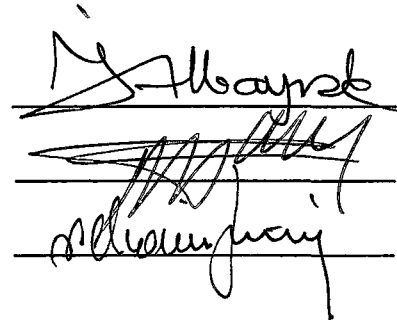
Yrd. Doç. Dr. İlhami TÜZÜN  
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. İrfan ALBAYRAK

Prof. Dr. M. Yakup ARICA

Yrd. Doç. Dr. İlhami TÜZÜN



## ÖZET

### KAPULUKAYA BARAJ GÖLÜ'NDEKİ (KIRIKKALE) FİZİKSEL VE KİMYASAL DEĞİŞİKLİKLERİN SU KALİTESİNE İLİŞKİN DEĞERLENDİRİLMESİ

BAŞARAN, Gökben

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. İhami TÜZÜN

Ocak 2005, 80 sayfa

Bu çalışma, Orta Kızılırmak Havzası'nda yer alan Kapulukaya Baraj Gölü'nde Haziran 2003 ile Ağustos 2004 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Elektrik ve içme suyu elde etmek amacıyla kullanılan Kapulukaya Barajı'nda, suyun hidrolojik, kimyasal ve fiziksel özelliklerindeki zamana bağlı değişimler, yatay ve dikey olarak incelenerek, su kalitesi ve yönetimine ilişkin değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu amaçla, barajın girişinden sete kadar seçilen beş istasyonda, 15 günlük aralıklarla farklı derinliklerde olmak üzere, ölçümler yapılmış ve alınan örnekler laboratuvarında analiz edilmiştir. Hidrolojik veriler, barajda yaz aylarında giren ve çıkan su miktarının artmasını takiben su bekleme süresinin (R) azaldığını, bahar aylarında ise göl hacminin artmasına paralel olarak giren ve çıkan su miktarının azalmasıyla birlikte su bekleme süresinin arttığını göstermiştir. Yıllık

verilere dayanarak yapılan hesaplamalarla, barajda su bekleme süresinin yaklaşık 200 gün olduğu saptanmış, su bekleme süresinin uzun olmasının, barajın göl gibi davranmasına yol açtığı ve bunun da barajda uzun süreli bir tabakalaşmanın oluşmasına ve epilimniyon ile hipolimniyon arasında metalimniyon tabakasının gözlenmesine olanak sağladığı belirlenmiştir.

Yatay ve dikey değişimlerin değerlendirilmesi sonucunda, TP konsantrasyonlarında görülen salınımların, göle giren ve çıkan su miktarlarıyla benzerlik gösterdiği, nitrit+nitrat konsantrasyonlarının ise aksine giren ve çıkan su miktarının az olduğu bahar aylarında artış gösterdiği bulunmuştur. Bu durum, bahar aylarında baraj havzasından gelen su miktarının artmasıyla ilişkilendirilmiştir. DIN/TP oranı, genellikle yaz aylarında azotun sınırlayıcı element olduğuna işaret edecek şekilde 16'dan küçük olarak bulunmuştur. Barajın set öncesi istasyonu olan istasyon V'in 15 metresinde ise sınırlayıcı etkinin daha az düzeyde olduğu gözlenmiştir. Baraj girişinden sete doğru gidildikçe artan göl hacmi ve sedimantasyona bağlı olarak, klorofil *a* ve bulanıklık değerlerinde bir azalma gözlenmekle birlikte, genel olarak istasyonlar arasında ortalama besin tuzu konsantrasyonları bakımından belirgin farklar bulunmamıştır. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen verilerin su kalitesine yönelik kullanımı ve sonuçlar ışığında baraj yönetimine yönelik uygulamalar tartışılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Kapulukaya, Baraj gölü, Besin tuzları, Fitoplankton, Su bekleme süresi, Su kalitesi, Su yönetimi, Tabakalaşma

## **ABSTRACT**

### **THE EVALUATION OF PHYSICAL AND CHEMICAL VARIATIONS IN KAPULUKAYA DAM LAKE (KIRIKKALE) IN RELATION TO WATER QUALITY**

**BAŞARAN, Gökben**

**Kırıkkale University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Biology, M. Sc. Thesis**

**Supervisor: Asst. Prof. Dr. İlhami TÜZÜN**

**January 2005, 80 pages**

This study has been carried out between June 2003 and August 2004 in Kapulukaya Dam Lake which is located in the middle catchment area of Kızılırmak river. In Kapulukaya Dam Lake which has been used to obtain electricity and drinking water, temporal changes in hydrological, chemical and physical properties were investigated horizontally and vertically and evaluated in relation to water quality and management purposes.

For this purpose, measurements were made in the field at different depths of 5 stations selected from the inflow to the dam, and analyses of water samples taken as such were made in the laboratory. Hydrological data indicated that water retention time (R) decreased in the lake following the increases in water inflow and outflow in summer months whereas the retention time increased in spring months with an increase in the lake volume, in line with decreases in water inflow and outflow. The

annual hidrological data showed that, owing to overall high retention time (about 200 days), the reservoir acted as a lake type, and consequently exhibited a relatively long period of stratification experienced from the riverine part to the dam. Metalimnion as well as hypolimnion and epilimnion was clearly observed during the most of the stratification period.

Evaluation of horizontal and vertical changes showed that oscillations observed in TP concentrations were similar to those in the amount of both water input and output while nitrite-nitrate concentrations were found to be higher in spring months and corresponded to times at which amount of both input and output water was minimum. This was probably due to increases in the amount of water draining from catchment area during spring months. DIN/TP ratio was generally found to be less than 16 in summer months, indicating nitrogen limitation. At 15 meters in station V located just before the dam, nitrogen limitation was very rare compared to other sites. Although a stepwise decrease in chlorophyll *a* and turbidity values was observed horizontally from the inflow to the dam as the lake volume and sedimentation in the same manner increased, there was generally no significant differences in nutrient concentrations between the stations. Results obtained in this study were discussed in relation to water quality purposes and applied issues of reservoir management.

**Key Words:** Kapulukaya, Dam lake, Nutrients, Phytoplankton, Retention time, Water quality, Water management, Stratification

## TEŞEKKÜR

Bu alıŐma boyunca her tűrlű bilgi ve deneyimleri ile daima desteęini aldığım, sayın hocam Yrd.Doç.Dr. İlhami TŪZŪN'e gűstermiŐ olduęu sabır ve anlayıŐ için teŐekkűr ederim.

Tez aŐamasındaki yardımları ve desteęi için Prof.Dr. M. Yakup ARICA'ya teŐekkűr ederim. Arazi alıŐmaları, analizler ve űnerileriyle de yardımlarda bulunan ArŐ. Gűr. Őzlem İNCE'ye teŐekkűr ederim. Ayrıca arazi çalıŐmaları ve analizler sırasında ki yardımları için Osman KŐK'e teŐekkűr ederim. Hidrolojik verilerin teminindeki yardımlarından dolayı sayın Ayhan ADAŐ'a teŐekkűr ederim.



## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
KISALTMALAR DİZİNİ .....	x
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Durgun Tatlı Su Kaynakları .....	1
1.2. Doğal Göl ve Barajların Temel Ekosistem Özellikleri ve Karşılaştırılmaları ..	4
2.1. Kavram olarak “göl” .....	4
1.2.2 Doğal göller ve ekosistem işleyişi .....	4
1.2.3. Baraj gölleri ve ekosistemlerinin işleyişi .....	6
1.3. Çalışmanın Amacı .....	16
2. MATERYAL VE METOT .....	19
2.1. Çalışma Alanı .....	19
2.2. Fiziksel ve Kimyasal Parametreler .....	20
2.2.1. Klorofil <i>a</i> .....	24
3. ARAŞTIRMA BULGULARI .....	25
3.1 Fiziksel ve kimyasal parametreler .....	25
3.1.1. Tabakalaşma .....	25
3.1.2. Besin Tuzları .....	30



3.1.2. Besin Tuzları .....	29
3.1.3. Klorofil a, Bulanıklık ve Secchi .....	35
3.1.4. pH .....	37
3.1.5. İletkenlik, TDS, Tuzluluk.....	37
3.1.6. Alkalinite.....	38
4.TARTIŞMA VE SONUÇ.....	40
KAYNAKLAR.....	53
EKLER.....	64



## ÇİZELGELER DİZİNİ

### ÇİZELGE

1.2.3.1. Doğal göl ve baraj göllerinin nitel ve nicel olarak karşılaştırılması.....	9
1.2.3.2. Rezervuar bölgelerinin karşılaştırılması.....	12
2.1.1. Kapulukaya Baraj Gölü'nün bazı hidrolojik özellikleri.....	19
3.1.1.1. Örnekleme istasyonlarında ölçülen fiziksel ve kimyasal değişkenlerin ortalama değerleri ve standart sapmaları.....	31
3.2.1. Örnekleme yapılan istasyonlarda farklı derinliklerde tespit edilen DIN/TP oranları .....	34
4.1.1. 2002, 2003, 2004 yıllarına ait hidrolojik verilerin 244 gün üzerinden ortalama ve standart hataları ile üç yıl arasındaki farklılığın t-testiyle karşılaştırma sonuçları .....	44

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### ŞEKİL

1.1. Baraj şekilleri. a) Yan kanal baraj şekli, b) Baraj gölü (Rezervuar) şekli .....	3
1.2.3. Rezervuarlarda oluşan 3 farklı bölgenin şematik gösterilişi .....	11
2.2.1. Kapulukaya baraj gölünün haritası ve örnekleme istasyonları I, II, III, IV ve V. ....	21
3.1.1.1. Kapulukaya Baraj Gölü'ndeki istasyonlarda, Haziran 2003 ve Ağustos 2004 tarihleri arasındaki sıcaklık verilerinin (°C) derinliğe bağlı değişim grafikleri a) İstasyon I, b) İstasyon II, c) İstasyon III, d) İstasyon IV, e) İstasyon V .....	25
3.1.1.2. 2004 örnekleme döneminde tabakalaşmanın gözlemlendiği süreçteki oksijen (mg/L) ve sıcaklık (°C) değerlerinin derinliğe bağlı değişimleri ile gösterilen metalimnetik tabakalaşma .....	27
3.1.3.1. İstasyonlarda tespit edilen öfotik derinlik ve karışım derinliği (cm) grafikleri .....	36
4.1.1. Kapulukaya Baraj Gölü'nde 2003-2004 yıllarına ait hidrolojik veriler. a) Haziran 2003 ve Ağustos 2004 tarihleri arasındaki örnekleme dönemlerinde göle giren- çıkan su miktarı ve göl hacmi (m <sup>3</sup> ) b) Su bekleme süresi (gün) ...	42

## KISALTMALAR

P	Fosfor
N	Azot
TP	Toplam fosfor
DIN	Çözünmüş inorganik azot
TDS	Toplam çözünmüş katı madde
SS	Askıdaki katı madde
Abs	Absorbans
EÜAŞ	Elektrik Üretim Anonim Şirketi
R	Su bekleme süresi
SI	İstasyon 1
SII	İstasyon 2
SIII	İstasyon 3
SIV	İstasyon 4
SV	İstasyon 5
Y	Yüzey

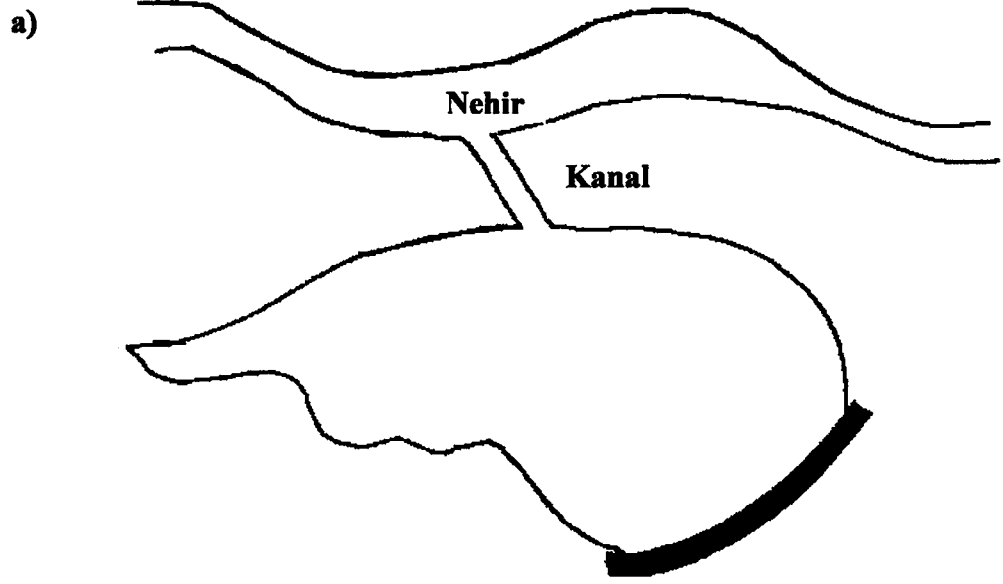
# 1. GİRİŞ

## 1.1. Durgun Tatlı Su Kaynakları

Dünya yüzeyinin dörtte üçünü kaplayan suyun büyük bölümü tuzlu su olarak bulunmaktadır. Kutuplardaki buzullar, yeraltı suları, göl ve nehirlerden oluşan tatlı su kaynakları toplam su rezervinin % 2,6'lık kısmını oluşturmaktadır. Toplam tatlı su kaynakları içerisinde, canlılar tarafından doğrudan kullanılabilir haldeki göl ve nehirlerin oranı ise sadece % 0,02'dir<sup>(1)</sup>. Bütün canlılar suyla ilgili değişik ihtiyaçlarını karşılayabilmek için, yeryüzünde kısıtlı miktarlarda bulunan bu doğal tatlı su kaynaklarını kullanmak durumundadır. Ancak, özellikle 20. yüzyıl içerisinde artan nüfusla birlikte sosyo-ekonomik gelişim, kentleşme, endüstrinin gelişimi, tarımsal aktivitelerin artması su kaynaklarına olan ihtiyacın gün geçtikçe artmasına neden olmuştur<sup>(2)</sup>. Buna ek olarak, tatlı su kaynaklarının yeryüzünde eşit dağılmaması, bu kaynakların doğru ve verimli kullanılmasını sağlayacak şekilde su kaynak yönetiminin yapılmasını zorunlu hale getirmiştir. Örneğin, mevcut bir su kaynağının uygun zamanlarda ve gerekli alanlarda kullanılabilmesi için, yeterli miktardaki suyun biriktirilmesiyle kurulan barajlar, su yönetimi ve planlanması kapsamında ele alınan konulardan birisidir. Bu amaçla, dağlardan gelerek bir deniz ya da göle ulaşmak amacıyla olan akarsu kaynaklarının önlerine setler kurulmasıyla, arkalarında oluşturulan gölde suyun birikmesi sağlanır. Oluşturulan bu suni ekosistemlerde biriken su; elektrik üretmek, içme suyu sağlamak, tarımda sulama yapmak, sel baskınlarından korunmak, balıkçılık gibi amaçlarla kullanıldığı gibi baraj gölü ve çevresi; rekreasyon ve turizm açısından da kullanılmaktadır<sup>(3)</sup>.

Bir akarsuyun önüne set çekilerek suyun depolanması, aslında çok eskilere dayanan bir kavramdır. Baraj inşasının geçmişi, Kamboçya’da Sri Lanka ve Angkor Watt’daki Anuradhapura’da inşa edilen eski barajlarla en az 2000 yıl öncesinde başlamıştır. Tarihsel olarak barajlar ilk önce sulama amacıyla kurulmuş iken, kullanım alanlarının artan çeşitliliğine paralel olarak sayı ve büyüklükleri de günümüzde belirgin bir şekilde artmıştır <sup>(4)</sup>.

Barajlar, nehir suyunun tutulması amacıyla kurulan setin inşa edildiği yere göre farklı şekillerde adlandırılırlar. Nehrin yan tarafına bir kanal yardımıyla yapay göl oluşturularak, etrafının duvarlarla çevrilmesi durumunda “yan kanal baraj”, setin doğrudan nehrin üzerinde inşa edilmesi durumunda ise “baraj gölü”, ya da “rezervuar” olarak tanımlanırlar (Şekil.1.1. a, b) <sup>(5,6)</sup>.



**Şekil.1.1. a) Yan kanal baraj şekli, b) Baraj gölü (Rezervuar) şekli**

## **1.2. Doğal Göl ve Barajların Temel Ekosistem Özellikleri ve Karşılaştırılmaları**

### **1.2.1. Kavram olarak “göl”**

Bir su kütleinin göl olarak nitelendirilebilmesi için üç temel özelliğe sahip olması beklenir. Birincisi; su kütleisi, askıdaki partiküllerden arınmasına ve bu sayede artacak ışık geçirgenliğiyle, birincil üreticilerin fotosentez yapmasına olanak sağlayacak kadar uzun bir süredir var olmalıdır. İkincisi; su kütleinin rüzgar tarafından sürekli olarak karışmasını önleyecek kararlı fiziksel bir yapının oluşması gerekmektedir. Üçüncüsü ise; birincil üreticilerin büyüme ve çoğalmaları için zorunlu olan besin tuzlarının havza içerisinden doğal yollarla tedarik edilmesi gerekmektedir<sup>(7)</sup>. Bu tanımlama, genel olarak, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerin iç içe geçmiş ilişkilerini ifade etmektedir. Göllerin ekolojik yapılarının belirlenebilmesi veya su kalitesine ait tespitlerin yapılabilmesi, bu ilişkilerin doğru bir şekilde tanımlanmasıyla yakından ilgilidir <sup>(6,8,9)</sup>.

### **1.2.2 Doğal göller ve ekosistem işleyişi**

Göllerde besin zincirinin ilk halkasını birincil üreticiler olan fitoplanktonlar oluşturmaktadır. Fitoplanktonların fotosentez esnasında ihtiyaç duydukları CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O ortamda her zaman yeterli miktarda bulunurken, besin tuzlarının miktar ve kompozisyonu havzanın jeokimyasal özellikleri ve göle giren ve çıkan su tarafından kontrol edilir. Fosfor (P) ve azot (N), fitoplanktonların miktar ve kompozisyonunu belirleyen başlıca elementlerdir ve sınırlayıcı elementler olarak görev yaparlar<sup>(10,11)</sup>. Fitoplanktonlar ayrıca, besin zincirinin bir üst basamağında bulunan zooplankterler



tarafından otlama yoluyla tüketilir ve ortamda aşırı artışı önlenir. Zooplankterler ise planktivor balıklar tarafından kontrol edilirler<sup>(12,13,14)</sup>.

Özellikle 1960'lerden itibaren sanayi, tarım ve şehirleşmedeki değişiklikler, alıcı ortamlara bırakılan besin tuzu miktarlarının artışına (ötrofikasyon) sebep olmuş ve bu besin tuzlarının yağmur suları ve akarsular aracılığıyla göllere ulaşması suretiyle de aşırı fitoplankton artışı ve bunun besin zincirinin üst basamaklara etkileri ortaya çıkmıştır<sup>(15,16)</sup>. Aşırı fitoplankton artışının ilk etkisi, ölürek göl dibine çöken yüksek miktarlardaki fitoplanktonun bakteriler tarafından ayrıştırılması esnasında, yüksek oranlarda oksijen kullanılması ve oluşan oksijensiz ortamda piskivor (etçil) balıkların azalması ya da tamamen ortadan kalkması şeklinde kendini gösterir. Ortamda piskivor balıkların bulunmaması, üzerlerinden kalkan baskı nedeniyle planktivor balıkların ortamda çoğalmasına ve bunların da zooplankton üzerinde av baskısının artmasına neden olmaktadır. Limitleyici elementlerin (özellikle fosfor ve azot) aşırı artışı nedeniyle çoğalmaya başlayan fitoplanktonlar ise, ortamda kendilerini baskılayan etkili zooplankterler bulunmadığında artmaya devam ederek sistemin ekolojik olarak çöküşüne kadar giden bir bozulmaya neden olabilmektedir. Özellikle, azotun sınırlayıcı etki yaptığı yaz aylarında, bu sınırlayıcılıktan etkilenmeyen fitoplankton grubu olan siyanobakter biyokütleleri, patlama şeklinde tabir edilen yüksek miktarlara ulaşabilmektedir<sup>(17)</sup>. Bu gruba dahil olan birçok türün toksik etkiye sahip olması nedeniyle, içme suyu kaynağı olarak kullanılan göllerin ötrofikasyonu doğrudan tehdit unsuru da taşımaktadır<sup>(18,19,20)</sup>.

Göl ekosisteminde fitoplanktonun nasıl kontrol edildiği konusunda farklı görüşler mevcuttur. İki karşıt hipotezden besin piramidindeki "aşağıdan-yukarıya" kontrolü savunan görüşe göre; fitoplankton, besin tuzlarının baskın etkisi altında

gelişmektedir. Diğer görüş ise, “yukarıdan aşağıya” doğru zooplanktonun fitoplankton üzerindeki baskın etkisini ifade eder. McQueen ve diğ.<sup>(21)</sup> yaptıkları araştırmada fitoplankton büyümesinin temel olarak besin tuzları ve ışık tarafından belirlendiğini ve bu aşağıdan yukarı doğru etkinin besin tuzları ve fitoplankton arasında en kuvvetli şekilde görüldüğünü, besin zincirinin yukarı doğru uzanan halkalarında ise, etkinin zayıfladığını ifade etmişlerdir. Araştırmacılar, besin zincirinin üst halkalarında av baskısının daha etkin olduğunu ve bu etkinin de aşağılara doğru zayıfladığını belirtmişlerdir. Daha sonraki birçok çalışmada, fitoplankton büyümesinin yukarıdan aşağıya olan mekanizmalarla etkin bir şekilde belirlendiği ortaya konmuştur<sup>(12,22,23)</sup>. Bu araştırmaların sonuçlarına göre, sırasıyla piskivor balıklar planktivor balıkları, planktivor balıklar zooplanktonu ve zooplankton fitoplanktonu kontrol etmektedir. Sığ göllerde, yüksek miktarlardaki planktivor balık popülasyonunun zooplankton üzerindeki aşırı avlama baskısı ve zooplankterlerin balık predasyonundan kaçmak üzere geliştirebilecekleri vertikal göç davranışının etkisiz olması nedeniyle, yukarıdan aşağıya doğru olan etki oldukça kuvvetlidir<sup>(23)</sup>. Derin göllerde ise, birim alandaki planktivor balık miktarı genellikle azdır ve zooplanktonun balık av baskısından kurtulmak üzere vertikal göç hareketi etkili bir önlem olarak kullanılabilir<sup>(24,25)</sup>. Bu nedendir ki, yukarıdan aşağıya olan kontrol sığ göllere göre daha az belirgindir<sup>(23)</sup>. Buna rağmen, fitoplanktonun zooplankton tarafından yukarıdan aşağıya kontrolünün rezervuarlarda yüksek olabileceği bazı çalışmalarda gösterilmiştir<sup>(26)</sup>.

### 1.2.3. Baraj gölleri ve ekosistemlerinin işleyişi

Yapılan birçok çalışmada, baraj göllerinin; jeolojik zamanlar içerisinde doğmuş olan doğal göllerden belli ölçüde farklı olduğu sıklıkla ifade edilmiştir. Su tabakalarının karışımı, besin tuzu yüklemeleri, av-avcı ilişkileri, birincil üretim gibi prosesler hem doğal göllerde, hem de baraj göllerinde mevcut olup, fiziksel ve kimyasal parametrelerin ölçüm teknikleri de benzerdir. Ancak, su seviyesi değişiklikleri, (toplam su kitlesinin) değişim süresi, termal tabakalaşma, bulanıklılık, ve oksijen dinamikleri gibi, diğer parametreleri de etkileyecek potansiyeldeki değişkenlerin etki derecesi ve zamanlaması genellikle doğal göller ve baraj gölleri için farklılık gösterir<sup>(27)</sup> ve baraj göllerinin bu değişkenlerin kontrolünde farklı reaksiyonlar ortaya çıkarabileceği beklenir<sup>(28,29,30,31)</sup>.

Baraj gölleri üzerinde inşa edildikleri nehirlerin özelliklerini devam ettiren aynı zamanda da doğal göllerin durgun su özelliğini taşıyan yapılar olmaları itibariyle “nehir-göl hibritleri” olarak tanımlanmaktadır<sup>(32,33,34)</sup>. Baraj göllerinin bu özelliği, onları doğal göllerden ayıran ve ekosistemle ilgili çalışmalardaki yaklaşımları belirlemede önemli olan temel farklılıklarının gözardı edilmemesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Baraj gölleri; göllerle karşılaştırıldıklarında, jeolojik olarak göllerden daha genç oldukları görülür. Genel olarak günümüz baraj göllerinin çoğunluğu son 50-100 yıl içerisinde inşa edilmiştir. Baraj göllerinin, nehir vadilerinin doldurulmasıyla oluşturulması, onlara; göllere göre daha geniş ve düzensiz bir kıyı gelişimi sağlamıştır. Rezervuarlar inşa edildikleri ilk birkaç yıl içerisinde trofik patlamayı içeren hızlı bir değişime maruz kalır. Bu durum “rezervuar yaşlanması” olarak adlandırılır. Doğal yapılar olan göllerde ise bu süreç yavaş ilerler. Göllerin sediman

derinliği, çok eski zamanlarda oluşmalarından kaynaklı olarak rezervuarlardan daha fazladır. Dip sedimanları; nehir yoluyla gelen allokton ya da kendi biyolojik üretimiyle oluşan otokton maddelerden oluşur. Genel olarak otokton maddeler rezervuarın sete yakın olan geniş ve derin bölgesinde birikirken, allokton maddeleri barajın giriş noktasının yakınında birikir. Rezervuarlarda uzunlamasına görölen farklılıklar gelen akışla oluşurken, göllerde bu durum rüzgardan kaynaklanır<sup>(6,8)</sup>.

Baraj gölleri doğal göllere göre daha geniş alanlı bir havzadan etkilenirken, bu durum onların su bekleme sürelerinin daha kısa olmasına neden olur. Böylece, baraj göllerinde su seviyesindeki düzensizlikler doğal göllere göre daha fazla ve daha sık göröür<sup>(6,8)</sup>.

**Çizelge 1.2.3.1. Doğal göl ve baraj göllerinin nitel ve nicel olarak karşılaştırılması<sup>(6,8)</sup>**

<b>Nitel Farklılıklar</b>	<b>Doğal göller</b>	<b>Baraj gölleri</b>
Doğa	Doğal	İnsan Yapımı
Jeolojik Yaş	Eski	Genç (50-100 yıl)
Yaşlanma	Yavaş	Hızlı (ilk birkaç yıl)
Dolgu şekli	Doğal çöküntü	Nehir Vadisi
Göl Şekil	Düzenli	Dentritik
Kıyı Gelişim Oranı	Düşük	Yüksek
Maksimum Derinlik	Merkeze Yakın	Sette
Dip Sedimentleri	Otokton	Allokton
Uzunlamasına değişim	Rüzgarla	Akışla
Su çıkış derinliği	Yüzey	Derin

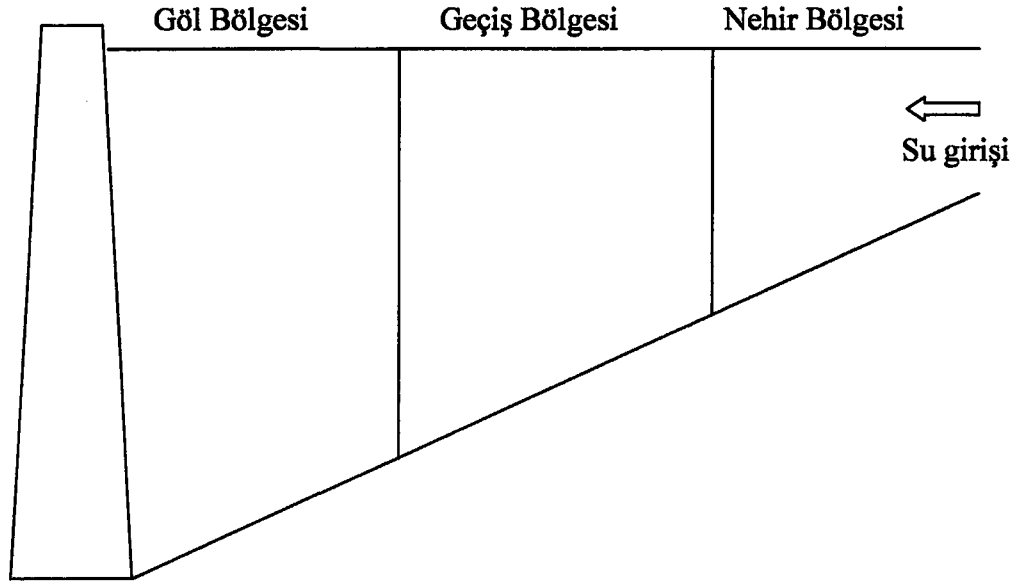
  

<b>Nicel Farklılıklar</b>	<b>Doğal Göller</b>	<b>Baraj gölleri</b>
Havza/ Göl Alanı	Daha düşük	Daha yüksek
Su bekleme süresi	Daha uzun	Daha kısa
Havza ile etkileşim	Daha az	Daha fazla
Göl çanak şekli	“U” şekilli	“V” şekilli
Düzensiz değişim seviyeleri	Daha küçük	Daha büyük
Hidrolojik değişkenler	Oldukça düzenli	Yüksek oranda değişken
Değişim sebepleri	Doğal	İnsan kaynaklı
Su giriş kaynakları	Az yoğun	Yoğun

Barajlarda boylamsal değişim özellikleri ekosistem ve ilişkilerin anlaşılmasında odak noktasını oluşturur<sup>(30,35)</sup>. Bu boylamsal özellikler göz önünde bulundurulduğunda, barajlar, giriş noktasından setin ayağına kadar genellikle farklı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerdeki üç belirgin zona ayrılır<sup>(31)</sup>. Bu üç bölge;

nehir (riverine) bölgesi, geçiş bölgesi (transition) ve göl (lacustrine) bölgesi olarak adlandırılır. Nehir bölgesi girdiyi karşılayan, nispeten sığ ve yüksek miktarda askıdaki katı maddenin bulunduğu kısımdır <sup>(36)</sup>. Işık geçirgenliği nispeten dūřuktur, fakat yüksek besin tuzu girdisi ile önemli miktarlardaki alg biyokütlesini barındırabilir<sup>(37)</sup>. Geçiş bölgesindeki belirgin sedimantasyon, ışık geçirgenliğinin artmasını sağlar<sup>(35)</sup> ve organik maddelerin üretimi ve kullanımı arasında bir geçiş noktası vardır. Göl bölgesi, barajın doğal bir göle benzeyen kısmıdır. Askıdaki katı madde miktarı azalırken, ışık geçirgenliği, potansiyel besin tuzu limitasyonu ile birincil üretim elemanlarının gelişimini destekleyecek yeterli düzeeye çıkar, otokton üretimi baskın hale gelir<sup>(38)</sup>. Dikey değişimlerin gözleendiği doğal göllerin aksine, barajın girişinden sete doğru ilerledikçe, bulanıklıkta görölen azalmaya ek olarak, besin tuzları, özellikle fosfor konsantrasyonlarında da benzer bir azalma gözlenir<sup>(35,39,40)</sup>. Sete doğru ilerlendikçe çöken askıdaki katı madde miktarına paralel olarak bu maddelerle bağlantılı olan fosfor konsantrasyonları da dūřer<sup>(41)</sup>. Bu durum ayrıca barajların fosforu tutma kapasitesinin doğal göllerden daha fazla olduğunu göstermektedir<sup>(16)</sup>.

Azalan besin tuzları ve artan ışık geçirgenliğine bağlı olarak artan zooplankton otlaması, barajın ayağına doğru ilerledikçe fitoplankton gelişiminin azalabileceğini göstermektedir<sup>(38)</sup>. Baraj göllerinde fitoplankton gelişimi, doğal göllerden daha değişken olabilir. Çünkü, fitoplankton gelişiminin tahmin edilmesi, su değişim oranlarının daha yüksek olması nedeniyle, baraj göllerinde, doğal göllere oranla daha zordur <sup>(38)</sup>.



**Şekil 1.2.3.1.** Rezervuarlarda oluşan 3 farklı bölgenin şematik gösterilişi<sup>(31)</sup>

Nehir bölgesi sığ, dar ve diğer bölgelere göre daha iyi karışmıştır. Yüksek akış nedeniyle, kil, mil ve organik partiküllerin önemli miktarda geçişi söz konusudur<sup>(36)</sup>. Işık geçişi minimum olmasına rağmen, yüksek besin girdisi nedeniyle önemli miktarda alg biyokütlesine sahip olabilir<sup>(37)</sup>.

Geçiş bölgesi, ışık geçirgenliğinde meydana gelen artışla önemli miktarda sedimentasyonun görüldüğü bölgedir<sup>(35)</sup>. Bu bölgede akış rejimine bağlı olarak ışık geçirgenliği kademeli olarak ya da birdenbire artabilir.

Barajlarda, tipik göl sistemine benzerlik gösteren bölge göl bölgesi olarak adlandırılmaktadır. Bu bölgede inorganik moleküllerin sedimentasyonu oldukça düşüktür. Giderek artan ışık geçirgenliği birincil üretimi destekleyecek düzeye ulaşmıştır. Gölün kendi biyolojik üretimi baskın hale gelmiştir<sup>(38)</sup>.

**Çizelge 1.2.3.2. Rezervuar bölgelerinin karşılaştırılması**

<b>Nehir Bölgesi</b>	<b>Geçiş Bölgesi</b>	<b>Göl Bölgesi</b>
Dar	Daha geniş	Geniş
Sığ	Daha derin	Derin
Yüksek akış	Azalan akış	Az akış
Yüksek besin	Daha az besin	Azalan besinler
Aşırı ötrofik	Daha az ötrofik	Daha çok oligotrofik

Baraja gelen suyun baraj çanağı içerisindeki değişim süresi veya bu çanakta kalma süresi, baraj gölü limnolojisinin anlaşılmasında anahtar faktörlerden birisidir. Teorik olarak su bekleme süresi, R ile ifade edilir ve  $R = V/Q$  (gün yada yıl) olarak hesaplanır. V, rezervuarın m<sup>3</sup> olarak hacmini ifade ederken, Q ise gelen ortalama akışı m<sup>3</sup>/gün yada m<sup>3</sup>/yıl olarak belirtir. Bu formül üzerinden hesaplanan su bekleme süresi gün olarak elde edilir. Rezervuarın fonksiyonu nedeniyle ve mevsimsel olarak V ve Q değerlerinin değişimi rezervuarın su bekleme süresinin değişmesiyle sonuçlanır<sup>(8)</sup>. Su bekleme süresi rezervuarın birçok özelliğini belirler. R değerinin artışı, baraja taşınan yük miktarının azalmasına neden olurken, barajdaki tabakalaşmaya olanak sağlar. Besin tuzlarının tutulma süresi, artan su bekleme süresi ile artar. R değeri düşük olduğu zaman; fitoplankton barajdan akışla birlikte uzaklaşırken, sediman miktarı ve dip fauna miktarı daha yüksektir. Uzun su bekleme süresine sahip rezervuarlarda, düşük seviyedeki kirlilikte hipolimnetik oksijensizlik meydana gelir ve bu barajlarda ötrofikasyon iç akış olan baraj göllerinden daha sık meydana gelir<sup>(6)</sup>.



Aynı coğrafyadaki rezervuarlarda su bekleme sürelerindeki farklılıklar rezervuarlar arasındaki limnolojik ve su kalitesi farklılıklarıyla ilişkilendirilir<sup>(42)</sup>. Bu durumun derin ve tabakalaşmış rezervuarlarla ilişkisi, sığ ve tabakalaşmamış olan rezervuarlardan daha fazla belirtilmiştir.

Her bir barajda görülen nehir bölgesi, geçiş bölgesi, ve göl bölgesinin büyüklükleri; göl çanak şekli, su bekleme süresine, termal tabakalaşmaya, mevsime ve coğrafik yerleşimine bağlı olarak değişir. Derin ılıman bölge rezervuarlarında yaz süresince su bekleme süreleri on günden az olduğunda, tüm rezervuar nehir bölgesi gibi davranabilir. Su bekleme süresi iki yüz günden daha fazla olduğunda ise, rezervuarın büyük kısmı göl bölgesi şeklindeyken, nehir bölgesi kısadır<sup>(6)</sup>. Uzun su bekleme süresine sahip barajlarda, tam tabakalaşma ile göl özellikleri görülür. Barajdaki akışa bağlı olarak hesaplanan su bekleme süresinden faydalanılarak baraj sınıflandırılması yapılmıştır<sup>(6)</sup>.

Rezervuarlarda giren ve çıkan su, kinetik enerji ve potansiyel enerjinin önemli kaynakları olabilir. Baraja giren sudan kaynaklanan kinetik ve potansiyel enerji, rüzgardan kaynaklı kinetik enerji ve güneş enerjisinden oluşan potansiyel enerji ile karşılaştırıldığında daha düzensizdir. Rezervuardan su bırakıldığında potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüştürülürken karışma meydana gelir<sup>(38)</sup>.

Doğal göllerde giren su, karadan gelen akışlar ve küçük nehirlerle gerçekleşirken giren suyun etkisi, littoral bölge ve yüzey suları ile sınırlandırılır. Buna karşılık rezervuarda nehir girdileri rezervuarın üst ucundan girer ve uzunlamasına olacak şekilde etkilerini gösterir. Rezervuara gelen suyun yoğunluğu, baraj içerisinde suyun hareketini etkilemesi nedeniyle önemli bir unsurdur. Gelen suyun yoğunluğu, yüzey yoğunluğundan çoğunlukla farklıdır ve bu yoğunluk farkına

göre rezervuarda hareket eder. Yoğunluk farklılıkları; toplam çözünmüş katı madde (TDS) ve askıdaki katı madde (SS) konsantrasyonlarındaki ve sıcaklıktaki farklılıklardan kaynaklanır. Ancak çoğu rezervuar toplam çözünmüş katı madde ve askıdaki katı maddenin düşük konsantrasyonları ile karakterize edildiklerinden yoğunluk farklılıkları sıcaklıktan kaynaklanır. Yoğunluk farklılıklarına bağlı olarak gelen su epilimniyon, metalimniyon ya da hipolimniyonda ilerleyebilir.

Giren suyun yoğunluğu, baraj suyunun yüzey yoğunluğundan az ise “yüzey akıntı” olarak göl suyu üzerinden akacaktır. Bu; genellikle ilkbaharda gelen suyun sıcaklığı, göl suyunun sıcaklığından daha yüksek olduğu zamanlarda gerçekleşir. Çoğunlukla yaz ortasından sonuna doğru meydana gelen “iç akıntı”nın görüldüğü dönemlerde gelen suyun sıcaklığı yüzey suyunun sıcaklığından daha az ve hipolimnetik su sıcaklığından daha yüksektir. Şayet gelen suyun yoğunluğu hipolimnetik suyun yoğunluğundan da büyükse gelen su “dip akıntı” olarak ilerler<sup>(8,38)</sup>.

Bu baraj içi akıntı şekilleri, su içerisindeki besin tuzlarını, askıda katı maddeleri ve oksijenin dağılımını etkilemesi nedeniyle önemli bir unsurdur. Yoğunluk farklılıkları, rezervuar içerisindeki çözünmüş oksijen konsantrasyonunu etkiler. Düşük oksijen konsantrasyonuna sahip ara akışın birçok rezervuarda metalimnetik oksijenin minimum olmasına neden olduğu gösterilmiştir<sup>(43)</sup>. Aynı zamanda yapılan bazı çalışmalar ise, ara akışın rezervuar içerisinde çözünmüş oksijen konsantrasyonunu artırdığını göstermiştir<sup>(44)</sup>. Gelen suyun yoğunluğu hipolimniyon yoğunlundan fazla olduğunda dip akıntı olarak hareket eden su, hipolimniyonun oksijen içeriğini artırır<sup>(45,46)</sup>. Epilimniyonun çoğu kez atmosfer ve fotosentez ile oksijene doygun olması sebebiyle, yüzey akışının çözünmüş oksijen

üzerine çok az bir etkisi söz konusudur. Çözünmüş oksijenin dağılım miktarının belirlenmesinde etkili diğer bir faktör de gelen suyun hacmidir. Düşük hacimli akışlar yüksek hacimli akışlara oranla oksijensiz bölgenin daha uzun süre ayakta kalmasına neden olabilmektedir<sup>(47)</sup>.

Barajlarda tabakalaşmayı ve akışı etkilemesinden dolayı su çıkış yerinin belirlenmesi de oldukça önemlidir. Barajdan kullanılmak üzere bırakılan suyun kalitesi, alındığı derinlikteki suyun kalitesiyle belirlenir. Belirli bir derinliğe yapılmış olan suyun çıkış noktası, tabakalaşmış bir rezervuarda su kalitesinin hızlı bir şekilde değişimine neden olur. Bu durum barajdaki suyun özelliklerini etkilediği gibi, çıkış yerine kurulan tribünlerin akış yolları ve değişen hidrostatik basınçla ilgili olarak gazların değişimi, çıkan suyun kalitesini etkiler<sup>(6)</sup>.

Rezervuarlarda bakteri faaliyeti sonucunda hipolimniyonun oksijensizleşmesi yaygın olarak görülen bir olaydır<sup>(48,49,50,51)</sup>. Bununla birlikte, hipolimniyonda oksijen dağılımına etki eden diğer iki önemli fiziksel faktör; barajın rüzgardan kaynaklı karışması ve su çıkış yerinin konumudur<sup>(52,53)</sup>. Hipolimniyondan su çıkışı net fosfor kayıplarını artırabileceği<sup>(54)</sup> gibi, hipolimniyondan soğuk suyun salınması hipolimniyonun epilimniyondan gelen daha sıcak su ile ısınmasına ve su sütunun termal stabilitesinin azalmasına yol açabilir. Azalan termal stabilite ile birlikte rüzgar kaynaklı karışmanın etkisi artar. Bu da epilimniyona daha fazla besin taşınmasına neden olur<sup>(55,56)</sup>. Ayrıca artan hipolimniyon sıcaklığı mikrobiyal faaliyetin artmasına yol açarken, buna bağlı olarak oksijen miktarının azalması sedimandan fosfor salınımını artırır<sup>(57)</sup>. Buna karşılık yüzeyden su uzaklaştırılması fosfor iç yüklemesine izin verirken, su sütunun stabilitesini artırır<sup>(53)</sup>. Yüzey çıktısı fitoplankton biyomasının uzaklaştırılmasında direkt etkili olabilir<sup>(58)</sup>.

Su giriş ve çıkış dinamikleri rezervuardaki tabakalaşma şekillerinin değişiminde de etkili olur. Su çıkışı rezervuarda etkili bir şekilde karışmaya neden olurken, ilkbahar su girdilerinin büyüklüğü ve zamanı tabakalaşmanın başlangıcını değiştirebilir<sup>(6,38)</sup>. Sığ ve derin su kütlesi olmak üzere iki tip su kütlelerinden derin yapıda olan barajlar tabakalaşmanın görülmesi ile sığ su kütlelerinden ayrılmakla beraber, birkaç metre derinlikteki su kütleleri de rüzgar aktivitesinden korundukları takdirde tabakalaşabilirler. Bunun yanında, su tutma süresinin birkaç günden az olduğu yirmi metrelik bir barajda tabakalaşma görülmez. Dolayısıyla rüzgar, ara akış gibi faktörler tabakalaşmayı belirleyen en önemli unsurlar haline gelebilir<sup>(6)</sup>.

### 1.3. Çalışmanın Amacı

Özellikle içme suyu temini amaçlı kullanılan rezervuarlardaki su kalitesinin belirlenmesi ve takibi, istenmeyen mikroorganizmalar yoluyla ortaya çıkacak olan bir kirliliğin, büyük bir insan popülasyonunu ilgilendiren sağlık sorunu haline dönüşebilme ihtimali nedeniyle, oldukça önemlidir. Su kalitesiyle ilgili problemler farklı ve değişik kaynaklı olabilir. Temel problemler, evsel atıklardan kaynaklanan organik kirlilik, bakteriyel kirlilik, kanalizasyon atıklarının ve/veya tarımsal gübrelerin sebep olduğu besin tuzu artışları, sedimandan fosfor ve bağlı bileşiklerin salınmasını arttıran hipolimniyondaki oksijensizlik (anoksiya), siltleşmeden kaynaklanan bulanıklık, ağır metal ve tarımla ilgili kimyasalların oluşturacağı kirlilik olarak sayılabilir<sup>(16)</sup>. Besin tuzu konsantrasyonlarının artışı, “ötrofikasyon” olarak adlandırılan aşırı organik madde üretimine yol açabilmektedir<sup>(4,16,59)</sup>. Alg kütlelerindeki artışlar olarak da ifade edilen bu problem, ticari olarak kullanılan su potansiyellerinde toksik bileşiklerin birikimi yanında, tat ve koku gibi diğer önemli

problemleri de beraberinde getirmektedir<sup>(4)</sup>. Ayrıca, suyun klorlanması ve filtre edilmesi daha maliyetli hale gelmekte ve kanal ve filtreler alg kaynaklı organik maddeler tarafından kolaylıkla tıkanabilmektedir<sup>(4)</sup>. Bu problemler, insan yaşamı ve standartlarıyla da yakından ilgili olduğu için, su kaynağındaki problemlerin çözümü ve alınacak önlemlerin geliştirilebilmesine olanak sağlayan biyomanipulasyon<sup>(60)</sup> ya da ekoteknolojik metotların (örn. su kütlesinin havalandırılması, atık arıtımı, atıkların çevrim yoluyla uzaklaştırılması, erozyon kontrolü gibi) uygulanabilirliğinin araştırılması ve optimizasyonlarının yapılması oldukça önemlidir<sup>(61)</sup>. Su kalitesine ilişkin uygun önlem ve müdahalelerin belirlenebilmesi için ise, baraj ekosistemini oluşturan besin zinciri elemanlarının mevsimlere bağlı değişiklikleri, barajın farklı davranan bölgelerinde olmak üzere tespit edilmeli ve özellikle hidrolojik faktörlerle (baraja giren su miktarı ve yükleri, giren suyun baraj çanağında kalma süresi, çıkan su ve yüklerinin miktarı gibi) ilişkisi ortaya konulmalıdır<sup>(6,8,38)</sup>.

Baraj yapımı ülkemiz için de yeni bir kavram değildir. Cumhuriyet tarihinin ilk barajı 1936 yılında inşa edilen Çubuk I Barajı'dır. Türkiye'de bugüne kadar uluslararası kriterlere göre (Yüksekliği 15 m den fazla yada depolama hacmi 2 milyon m<sup>3</sup>'den fazla) baraj niteliğinde olan 504 adet depolama tesisinin yapımı gerçekleştirilmiştir. Bunun 203 adedinin yapımı Devlet Su İşleri'nin (DSİ) Büyük Su İşleri programı çerçevesinde gerçekleştirilmiş, bir kısmının yapımı ise (301 adet) DSİ yatırım programının Küçük Su İşleri bölümünden Göletler (Alçak Barajlar) programında gerçekleştirilmiştir. Bunun 49 tanesi hidroelektrik enerji eldesi amacıyla kullanılmaktadır. Toplam 100 adet baraj ve hidroelektrik santralin yapımı devam etmektedir ([www.dsi.gov.tr](http://www.dsi.gov.tr)).

Kızılırmak nehri üzerinde, 1989 tarihinde yapımı tamamlanan Kapulukaya Barajı ise, başlangıçta elektrik elde edilmesi ve Kırıkkale ilini taşkından koruma amacıyla kullanılmış, ancak 2001 yılından itibaren Kırıkkale ilinin içme suyunu temin etmek amacıyla da hizmet vermeye başlamıştır. Kapulukaya Baraj Gölü'nden alınan su, arıtım tesisinde işleme tabi tutulduktan sonra kullanıma sunulmaktadır. Ancak, yerel yöneticilerin ve Kırıkkale ili halkının, içme suyunun arıtılmasından sonra henüz problemlerin giderilemediğine ilişkin şikayetleri bulunmaktadır. Bu şikayetlerin sebebi, kısmen arıtım tesisindeki su arıtma işlemlerinin yetersizliğiyle ilgili olabileceği gibi, su kaynağındaki problemlerle de yakından ilişkili olabilir. Nitekim, Kızılırmak havzasında bulunan sanayi kuruluşlarının yoğunluğu, kirletici maddelerin su kaynağında ve dolayısıyla içme suyunda zararlı ve tehlikeli etmenlerin oluşması ihtimalini artırmaktadır.

Bu çalışma, Kapulukaya Baraj Gölü'nün kimyasal ve hidrolojik değişkenler açısından değerlendirilerek, su kalitesine ilişkin durumunun ortaya konulmasına katkıda bulunmak amacıyla yapılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Çalışma Alanı

Kırıkkale il sınırları içerisinde bulunan Hasandede ve Hacılar ilçelerinin arazileri üzerinde kurulu olan Kapulukaya Baraj Gölü, elektrik elde edilmesi, içme ve kullanma suyu temini, tarımsal alanların sulanması amaçlarıyla kurulmuştur. 1989 yılında işletmeye açılan baraj Orta Kızılırmak havzasında yer alan Hirfanlı, Kesikköprü, Kapulukaya Baraj zincirinin son halkasını oluşturmaktadır ve bu üç baraj da Kızılırmak nehir suyu ile beslenmektedir.

Kırıkkale ilinde yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk geçer. Ortalama sıcaklık açısından en sıcak ay Ağustos (24,1 °C), en soğuk ay ise Aralık (-1,8°C) olarak belirlenmiştir. Kapulukaya Baraj Gölü'nün bazı hidrolojik özellikleri Çizelge 2.1.1. de verilmiştir ([www.dsi.gov.tr](http://www.dsi.gov.tr)).

**Çizelge 2.1.1.** Kapulukaya Baraj Gölü'nün bazı hidrolojik özellikleri

İnşaat yılları (başlama-bitiş)	1979-1989
Nehir yatağından yüksekliği	44 m
Rezervuar hacmi	282 hm <sup>3</sup>
Rezervuar alanı	20,70 km <sup>2</sup>
Yıllık su temini	45 hm <sup>3</sup>

## 2.2. Fiziksel ve Kimyasal Parametreler

Bu çalışma, Kapulukaya Baraj Gölünde 18 Haziran 2003- 10 Ağustos 2004 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

Barajın nehir, geçiş ve göl bölgelerini temsil edebilmek için, barajın girdisinden sete kadar beş farklı örnekleme istasyonu (istasyonlar I, II, III, IV ve V) seçilmiştir (Şekil 2.2.1.). Her bir istasyondan 1 L.'lik Hydrobios Nonsen su örnekleycisi kullanılarak, yüzey, 5, 10 ve 15 metre olmak üzere dört farklı derinlikten su örnekleri alınmıştır. Baraj girdisini temsil etmek üzere seçilen istasyon I'de, sığ olması sebebiyle (maksimum derinlik = 5 metre) yüzey ve 5 metreden örnek alınırken, maksimum derinliği yaklaşık 10 metre olan istasyon II'de yüzey, 5 ve 10 metreden örnekleme yapılmıştır. Maksimum derinlikleri 15 metreden daha büyük olan diğer üç istasyonda ise, dört farklı derinlikten de su örnekleri alınmıştır.

Alınan su örnekleri toplam çözünmüş katı madde (TDS), tuzluluk, iletkenlik, bulanıklık, pH ölçümlerinde ve kimyasal analizlerde kullanılmak üzere asitle yıkanmış 2 L'lik polistren şişelere aktarılmıştır. Su sıcaklığı ve çözünmüş oksijen konsantrasyonları Model 55/50 FT YSI oksijen metre kullanılarak 0,5 metre aralıklarla 15 metreye kadar ölçülmüştür. pH, iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde (TDS) ve tuzluluk ölçümleri Cole Parmer pH metre ve Orion 115 İletkenlik/TDS metre kullanılarak yapılmıştır. Belirlenen beş istasyonun bulanıklık ölçümleri, laboratuvara götürülen örnekler üzerinden Model 965 Orbeco Hellige turbidimetre ile yapılmıştır.





**Şekil 2.2.1. Kapulukaya Baraj Gölü'nün haritası ve örnekleme istasyonları I, II, III, IV ve V.**

Secchi derinliğinin tespitinde 20 cm çapındaki siyah-beyaz metal disk kullanıldı. Disk gözden kayboluncaya kadar suya daldırılarak derinlik saptandı, sonra tekrar görülmeye kadar yukarı çekilip, bu iki derinlik kaydedilerek ortalaması alınmıştır. Bu değer Secchi derinliği olarak ifade edilmiştir. Öfotik derinlik, Secchi derinliğinin 2 katı alınarak hesaplanmıştır<sup>(6)</sup>.

Arazi sonrası laboratuvara götürülen örnekler kimyasal analizler tamamlanuncaya kadar +4 °C'de buzdolabında saklanmıştır.

Alınan su örneklerinde; toplam fosfor (TP), -nitrit-nitrat, amonyum, silikat, alkalinite, sülfat ve klorofil *a* tayinleri yapılmıştır. Sülfat, alkalinite ve toplam fosfor analizi dışındaki analizlerde kullanılan su örnekleri Whatman GF/ C filtre kağıdından süzülerek analizlerde kullanılmıştır.

Amonyum tayininde kullanılmak üzere süzülen örneklerden bir kısmı 100ml'lik erlenlere aktarılmıştır. Magdalena S. liwka-Kaszy'nska ve ark. uyarınca<sup>(62)</sup>, Sülfirik asit ile pH 2'ye getirilen bu örnekler diğer su örnekleri ile birlikte analizlere kadar +4 °C de saklanmıştır. Amonyum azotu (NH<sub>4</sub>-N) Chaney ve Morbach (1962)'a göre % ±4 kesinlikte belirlenmiştir<sup>(63)</sup>.

Toplam fosfor (TP), ve nitrat+ nitrit azotu (NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N) tayinleri % ±3ve % ±8 kesinlik değerlerinde Mackereth, Heron ve Talling<sup>(64)</sup>, e göre yapılmıştır.

Çözünmüş inorganik azot (DIN) miktarı amonyum ve nitrat- nitrit azotu değerlerinin toplamından elde edilmiştir. Silikat ise Golterman ve diğerleri<sup>(65)</sup>, ne göre % ±1-2 kesinliğinde tayin edilmiştir.

Sülfat tayini; turbidimetrik metod kullanılarak gerçekleştirildi<sup>(66)</sup>. Alkalinite ise, Yalçın, H. ve Gürü, M. uyarınca belirlenmiştir<sup>(1)</sup>.

### 2.2.1. Klorofil *a*

Klorofil *a* miktarını tespit etmek için 500 ml su örneği 47 mm çapındaki Whatman GF/C filtre kağıdından Saritorius aleti ile süzölmüştür. Filtre kağıdı 100 ml'lik bir erlene koyularak üzerine %70'lik 10 ml etil alkol eklendikten sonra ağzı hava almayacak şekilde parafilm ile kapatılan erlen ışık almaması için alüminyum folyo ile sarılmıştır. 2 saat çalkalandıktan sonra +4°C deki buzdolabına koyulmuştur. 3 saatlik bekleme süresi sonunda dolaptan alınan örnekler 10 ml' lik santrifüj tüplerine aktarılıp 3000 rpm'de (devir/dakika) 20 dakika santrifüj edilmiştir.

Süpernatant kısmı spektrofotometrik ölçüm yapılmak üzere küvetlere aktarılmıştır. 750, 663, 480, 430 ve 410 nm' de %70'lik etanole karşı absorbans değerleri ölçölmüştür.

750 nm'de ölçölen değer herhangi bir kolloidal madde etkisini ortadan kaldırmak için<sup>(67)</sup> diğer bütün ölçüm değerlerinden çıkartılmıştır.

Klorofil *a* konsantrasyonu 663 nm'deki absorbanstan yaralanılarak<sup>(68)</sup> aşığıdaki eşitlikteki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Klorofil } a (\mu\text{g/L}) = 11 * (\text{Abs } 663 - \text{Abs } 750) * 16 / 0,5 (v/V)$$

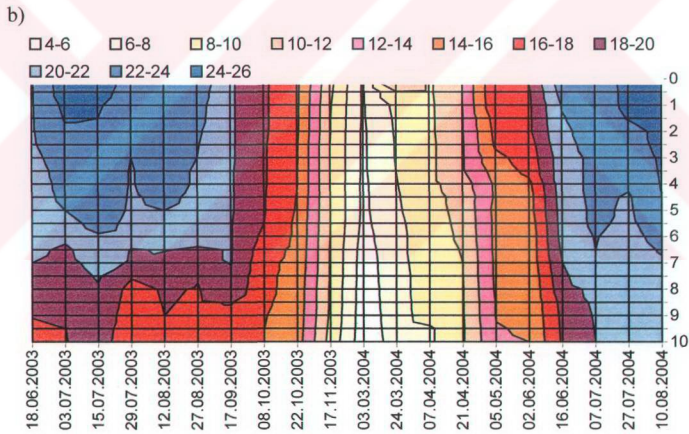
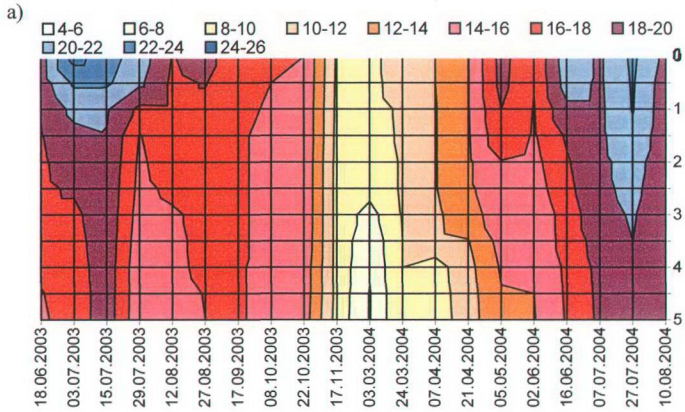
Burada v; kullanılan etanolün mililitre cinsinden miktarını, V ise, süzölen suyun litre cinsinden miktarını belirtir.

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

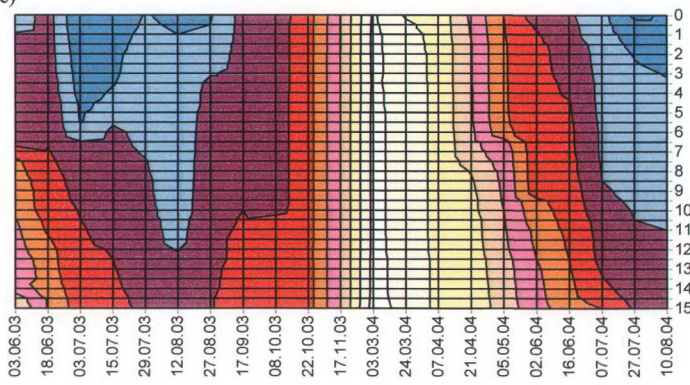
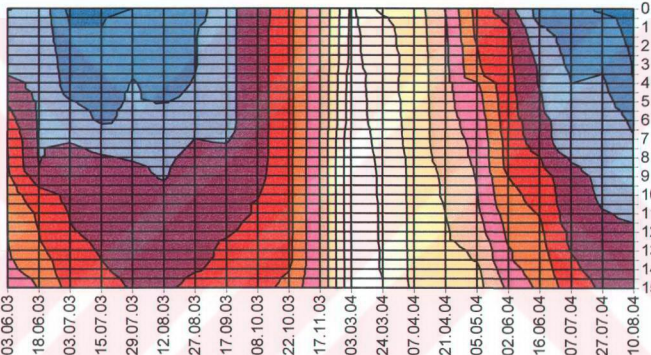
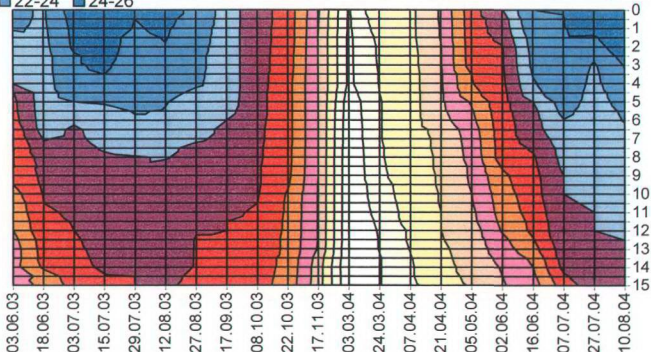
#### 3.1 Fiziksel ve kimyasal parametreler

##### 3.1.1. Tabakalaşma

18 Haziran 2003 ve 10 Ağustos 2004 tarihleri arasında gerçekleştirilen bu çalışmada, barajı temsil etmek üzere seçilen beş istasyona ait sıcaklık verileri değerlendirildiğinde, maksimum derinliği 5 metre olan istasyon I'de kesin bir tabakalaşma görülmezken diğer dört istasyonda 2003 yılının Haziran ayından başlayıp Ekim ayının başına kadar süren sıcaklık tabakalaşması görülmüştür. Ekim ayının ortalarından itibaren gözlenmeye başlanan karışımın kış ayı örnekleme bulunmamakla birlikte, 2004 yılı Nisan ayının başlangıcına kadar devam ettiği görülmüştür (Şekil 3.1.1.1.). 2004 yılının Nisan ayının son örneklemesinden itibaren tabakalaşma tekrar görülmeye başlamıştır. Tabakalaşmanın başlangıcının görülebildiği 2004 örnekleme döneminde, epilimniyon ve hipolimniyon arasında gelişen metalimniyon tabakasının fark edilebilir derecede oluştuğu gözlenmiştir. 2004 yılının yaz aylarında, tabakalaşmanın devam etmesine karşın metalimniyon tabakasının ortadan kalktığı görülmüştür (Şekil 3.1.1.2.). Sıcaklık değerleri ele alındığında istasyon 3 ve 4'ün 15 metre derinliği, 2004 yılı Mart ayının ilk örneklemesinde 4,2 °C ile en düşük değeri gösterirken, istasyon 3 Temmuz ayının son örnekleme ve Ağustos ayının ilk örneklemesinde 26,2 °C ile en yüksek sıcaklık değerini göstermiştir.

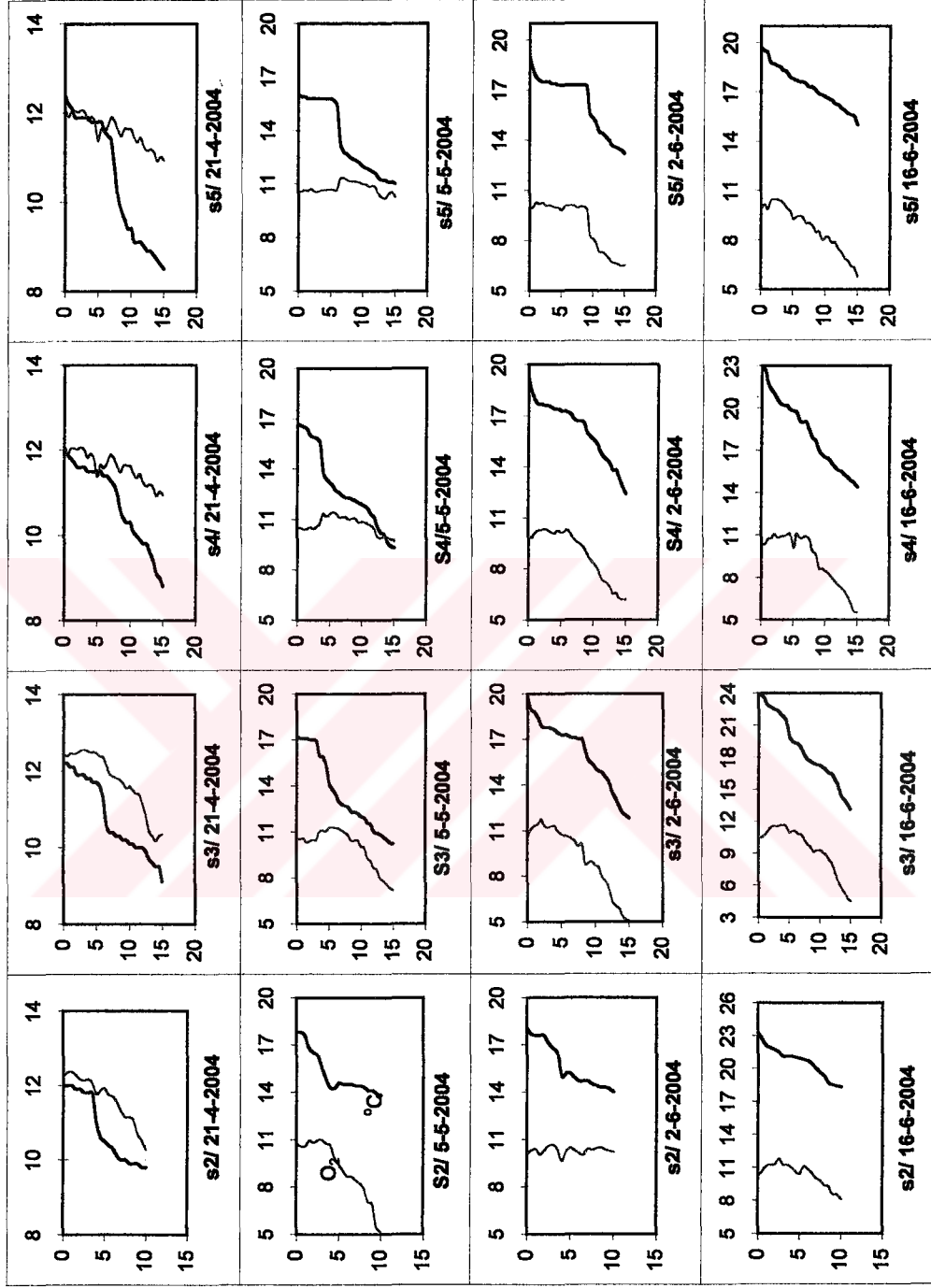


**Şekil 3.1.1.1.:** Kapulukaya Baraj Gölü'ndeki istasyonlarda, Haziran 2003 ve Ağustos 2004 tarihleri arasındaki sıcaklık verilerinin derinliğe bağlı değişim grafikleri a) İstasyon I, b) İstasyon II, c) İstasyon III, d) İstasyon IV, e) İstasyon V





Oksijen (mg/L) —  
Sıcaklık (°C) —



Şekil 3.1.1.2. 2004 örneklemme döneminde tabakalaşmanın gözlemlendiği süreçteki oksijen (mg/L) ve sıcaklık (°C) değerlerinin derinliğe bağlı değişimleri ile gösterilen metalimnetik tabakalaşma

Gölde sıcaklık tabakalaşmasına paralel olarak oksijen tabakalaşmasının geliştiği gözlenmiştir. Çözünmüş oksijen konsantrasyonları ele alındığında, istasyon II 5,5 metre 2004 yılının Mart ayında 14,9 mg/L ile en yüksek oksijen konsantrasyonunu gösterirken, 2003'ün Temmuz ayında istasyon V'in en düşük konsantrasyona sahip olduğu görülmüştür. Bu değer 1,3 mg/L olarak tespit edilmiştir. 2004 yılında ise, yaz aylarında oksijen miktarları derinlerde bu derece bir azalma göstermeyip, en düşük konsantrasyon 2,42 mg/L ile istasyon V'te tespit edilmiştir. İstasyon I ve II sırasıyla ortalama 9,4 mg/L ve 9,6 mg/L ile yaklaşık konsantrasyonlar gösterirken, istasyon III'ün ortalama 8,8 mg/L oksijen konsantrasyonu ile ortalama 8,5 mg/L konsantrasyona sahip olan istasyon IV ile yaklaşık konsantrasyona sahip oldukları görülmüştür. İstasyon V'in ise, ortalama 7,9 mg/L ile en düşük oksijen konsantrasyonuna sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 3.1.1.1.).

İstasyon I'in sığ olması sebebiyle, bütün örneklemeler boyunca 0,5 metre aralıklarla ölçülen oksijen konsantrasyonu yaklaşık değerler göstermiştir. Örneklemelerin gerçekleştirildiği diğer dört istasyonda ise bu durum karışımın görüldüğü dönem olan Ekim ayının ortalarından itibaren gözlenmeye başlamış, tekrar tabaklaşmanın görülmeye başladığı dönem olan Nisan ayının son örneklemesine kadar devam etmiştir. Bu dönemden itibaren tabakalaşmanın başlaması ile oksijen tabakalaşması gözlenmiş, derinlere gidildikçe oksijen konsantrasyonlarında azalma görülmüştür. Çalışma süresince oksijensizlikle hiç karşılaşmamıştır.



### 3.1.2. Besin Tuzları

TP konsantrasyonlarındaki mevsimsel salınımlar, göle giren su miktarlarındaki salınımlarla uygunluk göstermiştir. TP konsantrasyonları ve göle giren su miktarları yaz aylarında daha yüksek değerlere ulaşmıştır.

Toplam fosfat konsantrasyonları açısından istasyonlar değerlendirildiğinde; istasyon III; 5 metre derinlikte 2003 yılının Temmuz ayında 193,37µg/L ile en yüksek konsantrasyonu gösterirken, Kasım ayında İstasyon IV ve V'in 15 metre derinliğinin 3,79µg/L ile en düşük değere sahip olduğu görülmüştür. Bütün istasyonlar için elde edilen ortalama toplam fosfat konsantrasyonları ve standart sapmaları Çizelge 3.1.1.1.'de verilmiştir.

Her bir istasyon kendi içinde derinliğe göre incelendiğinde, bütün istasyonların yüzey ve 5 metrelerinde diğer derinliklere göre daha yüksek TP konsantrasyonlarına rastlanmıştır.

İstasyonlar, boylamsal olarak kendi aralarında her bir derinlik için karşılaştırıldığında ise, genel olarak göle giriş istasyonunu temsil eden istasyon I ve bunu takip eden istasyon II'nin yüzey derinliklerinde ölçülen TP konsantrasyonları, diğer istasyonların aynı derinliklerde tesbit edilen TP konsantrasyonlarına göre daha yüksektir. Beş ve 10 metre derinlikte ölçülen TP konsantrasyonları ise, istasyon I'den istasyon III'e kadar artan ve bundan sonra istasyon V'e doğru azalan ortalama değerlerle temsil edilmiştir. 15 metredeki ortalama TP konsantrasyonları, istasyon IV'te en yüksek ve istasyon V'te en düşük olarak bulunmuştur.

Azot (Amonyum, nitrit-nitrat ve DIN) konsantrasyonlarında görülen mevsimsel değişimler, TP konsantrasyonlarında görülenin aksine, gölde su bekleme

süresinin yüksek olduğu ya da su giriş çıkışlarının azaldığı bahar aylarında tespit edilen yüksek değerler ile karakterize edilmiştir.

Azot konsantrasyonları, her bir istasyonda yüzeyden derinlere doğru doğrusal olarak artan değişimler göstermiştir. En yüksek DIN konsantrasyonu nitrit-nitrat'ın da en yüksek değere sahip olduğu 05.05.2004 tarihinde hesaplanmıştır. Bu tarihteki maksimum DIN miktarı 1088,7µg/L olarak bulunmuştur. İstasyon I-V de tespit edilen ortalama DIN konsantrasyonları sırasıyla, 256,0, 217,7, 249,58, 254,45, 261,8µg/L olarak bulunmuştur (Çizelge 3.1.1.1.).

Her bir derinlikteki ortalama nitrit-nitrat ve DIN konsantrasyonları boylamsal olarak istasyonlara göre karşılaştırıldığında (Çizelge 3.1.1.1.), yüzey, 5 ve 10 metrede belirlenen ortalamalar, giriş istasyonu olan istasyon I'den istasyon III'e doğru azalan ve bundan sonra istasyon V'e doğru artan bir yapı ortaya koymuştur. Özellikle istasyon I, II ve III' ün yüzey ve 5 metre derinliklerinde ölçülen nitrit-nitrat ve DIN değerleri ile oksijen değerleri arasında istatistiksel olarak pozitif ve önemli, sıcaklık değerleri arasında ise negatif ve önemli korelasyonlar tespit edilmiştir. (Ek-1). Nitrit-nitrat ve DIN değerleri ayrıca pH değerleriyle özellikle istasyonların (istasyon I hariç) yüzey ve 5 metresinde negatif ve önemli korelasyonlar ortaya koymuştur (Ek- 1).

Çalışma süresi içerisinde, amonyum konsantrasyonları, istasyonlar arasında boylamsal olarak düzensiz dağılan bir yapıya işaret etmiş olup, belirgin bir ilişki ortaya çıkmamıştır.

**Çizelge 3.1.1.1.1. Örnekleme istasyonlarında ölçülen fiziksel ve kimyasal değişkenlerin ortalama değerleri ve standart sapmaları**

	TP(µg/L)		Nitrit-Nitrat (µg/L)		Amonyum (µg/L)		DIN (µg/L)		Silikat (mg/L)		Bulanklık (NTU)		Klorofil a (µg/L)	
	Ort.±Std.spm.	Ort.±Std.spm.	Ort.±Std.spm.	Ort.±Std.spm.	Ort.±Std.spm.	Ort.±Std.spm.	Ort.±Std.spm.	Ort.±Std.spm.	Ort.±Std.spm.	Ort.±Std.spm.	Ort.±Std.spm.	Ort.±Std.spm.	Ort.±Std.spm.	Ort.±Std.spm.
S1	24,21±6,85	191,60±158,76	64,40±38,68	256,00±182,93	3,68±0,68	4,66±3,21	4,27±4,58							
Y	25,21±7,20	174,49±144,07	54,07±31,76	228,56±157,33	3,63±0,68	4,12±2,79	4,84±5,64							
5m	23,20±6,52	208,72±174,45	74,73±42,91	283,45±206,01	3,74±0,70	5,19±3,61	3,70±3,26							
S2	28,42±13,79	145,40±174,73	72,33±57,65	217,73±215,49	3,73±0,70	3,85±4,16	7,28±5,93							
Y	33,01±16,50	109,93±156,12	47,48±24,01	157,42±168,60	3,66±0,67	2,63±1,31	9,51±6,36							
5m	26,72±11,02	131,07±185,89	56,67±33,70	187,74±210,46	3,73±0,69	2,75±1,09	9,06±5,94							
10m	25,52±12,75	195,20±178,58	112,84±77,35	308,03±241,54	3,78±0,76	6,17±6,55	3,27±2,83							
S3	30,29±41,36	147,24±144,44	102,34±83,77	249,58±198,98	3,77±0,67	1,85±0,88	4,20±4,80							
Y	22,36±8,11	100,99±139,54	50,36±20,98	151,35±150,10	3,65±0,63	1,83±0,85	6,05±7,01							
5m	32,78±39,06	102,61±132,82	50,85±24,42	153,45±148,95	3,75±0,69	2,12±0,98	6,96±4,52							
10m	26,09±31,73	163,01±126,94	114,97±56,42	277,98±143,53	3,78±0,74	1,86±0,85	2,26±1,44							
15m	16,72±8,31	222,35±152,07	193,19±102,41	415,54±223,14	3,92±0,66	1,59±0,83	1,53±1,10							
S4	20,93±14,35	156,59±142,94	97,86±76,73	254,45±180,79	3,90±0,76	1,69±0,70	3,38±2,83							
Y	22,22±14,71	125,46±156,56	55,48±27,93	180,93±173,06	3,79±0,78	1,78±0,64	3,82±2,84							
5m	23,99±11,05	119,55±149,60	61,65±26,22	181,20±164,56	3,91±0,81	1,89±0,66	5,84±3,17							
10m	19,24±13,76	170,89±132,44	97,46±46,08	268,36±144,33	3,91±0,78	1,50±0,62	2,65±1,61							
15m	18,27±17,51	210,47±122,24	176,87±105,23	387,33±167,68	4,00±0,72	1,60±0,85	1,21±0,73							
S5	19,78±11,33	164,36±142,07	97,53±68,37	261,89±174,75	3,85±0,77	1,38±0,48	3,49±2,86							
Y	20,97±8,71	131,43±153,30	62,53±27,83	193,96±168,66	3,86±0,81	1,47±0,50	4,18±2,78							
5m	21,26±8,74	137,93±149,17	65,62±36,70	203,55±159,02	3,77±0,86	1,48±0,54	5,70±3,74							
10m	20,81±17,00	176,19±143,55	112,61±60,17	288,80±168,83	3,82±0,69	1,33±0,38	2,31±0,98							
15m	16,10±8,56	211,89±115,43	149,34±91,08	361,24±159,24	3,95±0,78	1,22±0,49	1,78±1,08							

Çizelge 3.1.1.1. (Devamı)

	Sıcaklık (°C)		Oksijen (mg/L)		İletkenlik (µS/cm)		TDS (mg/L)		Tuzluluk (%)		PH		Alkalinite (mg/L)		Sülfat (mg/L)	
	Ort.± Std.spm.	Ort.± Std.spm.	Ort.± Std.spm.	Ort.± Std.spm.	Ort.± Std.spm.	Ort.± Std.spm.	Ort.± Std.spm.	Ort.± Std.spm.	Ort.± Std.spm.	Ort.± Std.spm.	Ort.± Std.spm.	Ort.± Std.spm.	Ort.± Std.spm.	Ort.± Std.spm.	Ort.± Std.spm.	Ort.± Std.spm.
S1	15,91±4,26	9,38±2,10	1598,10±97,38	781,15±46,60	0,80±0,05	7,94±0,14	240,33±34,43	440,19±67,15								
Y	17,36±4,37	9,66±2,02	1603,95±99,33	783,90±47,36	0,81±0,05	7,97±0,15	240,00±36,14	454,14±66,60								
5m	14,46±3,70	9,10±2,20	1592,25±97,59	778,40±46,88	0,80±0,06	7,91±0,14	240,67±33,69	426,23±67,16								
S2	17,40±5,47	9,55±1,91	1599,97±135,29	782,28±67,60	0,80±0,07	8,05±0,19	218,44±32,38	43,19±66,42								
Y	19,32±5,65	10,41±1,49	1596,50±122,33	780,30±60,92	0,79±0,06	8,13±0,19	209,67±30,86	437,87±40,76								
5m	17,66±5,58	10,05±1,52	1601,35±138,05	782,85±68,74	0,80±0,07	8,08±0,18	214,67±32,14	449,25±68,83								
10m	15,24±4,58	8,20±1,96	1602,05±150,99	783,70±75,80	0,81±0,08	7,93±0,13	231,00±31,94	442,45±86,30								
S3	16,66±5,68	8,84±2,59	1586,03±131,68	775,40±65,81	0,79±0,07	7,99±0,22	218,75±30,54	423,07±40,06								
Y	19,42±6,33	10,47±1,40	1588,70±124,25	776,15±61,79	0,79±0,06	8,15±0,21	206,78±32,63	435,53±41,28								
5m	17,56±5,63	9,87±1,79	1584,40±126,91	774,90±63,97	0,79±0,06	8,07±0,22	211,11±29,19	409,33±39,63								
10m	15,66±4,86	8,34±2,25	1584,80±139,35	774,90±70,15	0,79±0,06	7,91±0,14	224,67±28,09	415,57±39,02								
15m	13,99±4,61	6,69±2,93	1586,20±145,33	775,65±71,94	0,79±0,07	7,82±0,12	232,44±27,22	431,83±38,45								
S4	16,41±5,54	8,45±3,00	1595,56±131,46	779,64±65,93	0,79±0,07	7,95±0,20	219,89±28,59	429,41±44,05								
Y	18,71±6,13	10,15±1,76	1595,95±130,27	779,65±65,35	0,80±0,07	8,11±0,19	211,33±29,78	431,67±37,17								
5m	17,34±5,72	9,76±1,80	1596,10±135,16	779,95±67,90	0,80±0,07	8,04±0,19	213,67±27,97	426,46±39,54								
10m	15,50±4,87	7,63±2,92	1590,90±135,50	777,30±67,81	0,79±0,06	7,87±0,10	224,44±26,98	427,79±49,37								
15m	14,09±4,53	6,27±3,46	1599,30±134,98	781,65±67,69	0,80±0,07	7,78±0,09	230,11±27,67	431,73±52,94								
S5	16,18±5,09	7,93±3,14	1591,94±132,29	777,44±66,37	0,79±0,07	7,91±0,18	224,86±26,86	424,35±46,65								
Y	17,97±5,70	9,55±1,81	1591,90±129,62	777,90±65,96	0,80±0,07	8,05±0,17	220,44±28,25	421,50±49,70								
5m	16,78±5,10	8,70±2,57	1591,40±135,74	776,90±67,92	0,79±0,06	7,97±0,15	221,89±26,15	426,03±47,69								
10m	15,60±4,79	7,39±3,19	1588,80±136,28	775,95±68,37	0,79±0,06	7,85±0,14	224,58±26,62	420,84±48,68								
15m	14,36±4,32	6,08±3,68	1595,65±137,63	779,00±68,36	0,79±0,08	7,79±0,15	232,53±27,03	429,05±45,23								

DIN/ TP oranları örnekleme periyodu süresince değişiklikler göstermiştir. Genellikle yaz aylarında, azotun sınırlayıcı element olduğuna işaret edecek şekilde, azot/fosfor oranı 16'dan küçük olarak bulunmuştur. Barajın set öncesi istasyonu olan V. istasyonun 15 metresinde ise, beş kez böyle bir sınırlayıcı etki gözlenmiştir (Çizelge 3.1.2.1.).

Yaz aylarında düşük olan silikat konsantrasyonları tüm istasyonlarda 2003 yılının sonbahar aylarında bir artış, 2004 yılının bahar aylarından itibaren de azalma göstermiştir. Silikat konsantrasyonlarının, 2003 Eylül ayında, tüm istasyonların bütün derinliklerinde maksimum değerine ulaştığı görülmüştür. Bu tarihte yapılan ölçümde, istasyon III 10 metre, 5,3mg/L ile maksimum konsantrasyon göstermiştir.

Çalışma periyodu boyunca sülfat değerlerinin oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir. 2004 yılının Mayıs ayında, istasyon II 711,9 mg/L ile maksimum konsantrasyonu gösterirken, istasyon I 5 metre 343,5 mg/L ile aynı yılın Temmuz ayında en düşük konsantrasyonu göstermiştir. İstasyonların ortalama sülfat değerleri sırasıyla istasyon I, II, III, IV ve V için 440,2, 443,2, 423,1, 429,4 ve 424,4 mg/L olarak bulunmuştur (Çizelge 3.1.1.1.).

Çizelge 3.1.2.1. Örnekleme yapılan istasyonlarda farklı derinliklerde tespit edilen DIN/TP oranları.

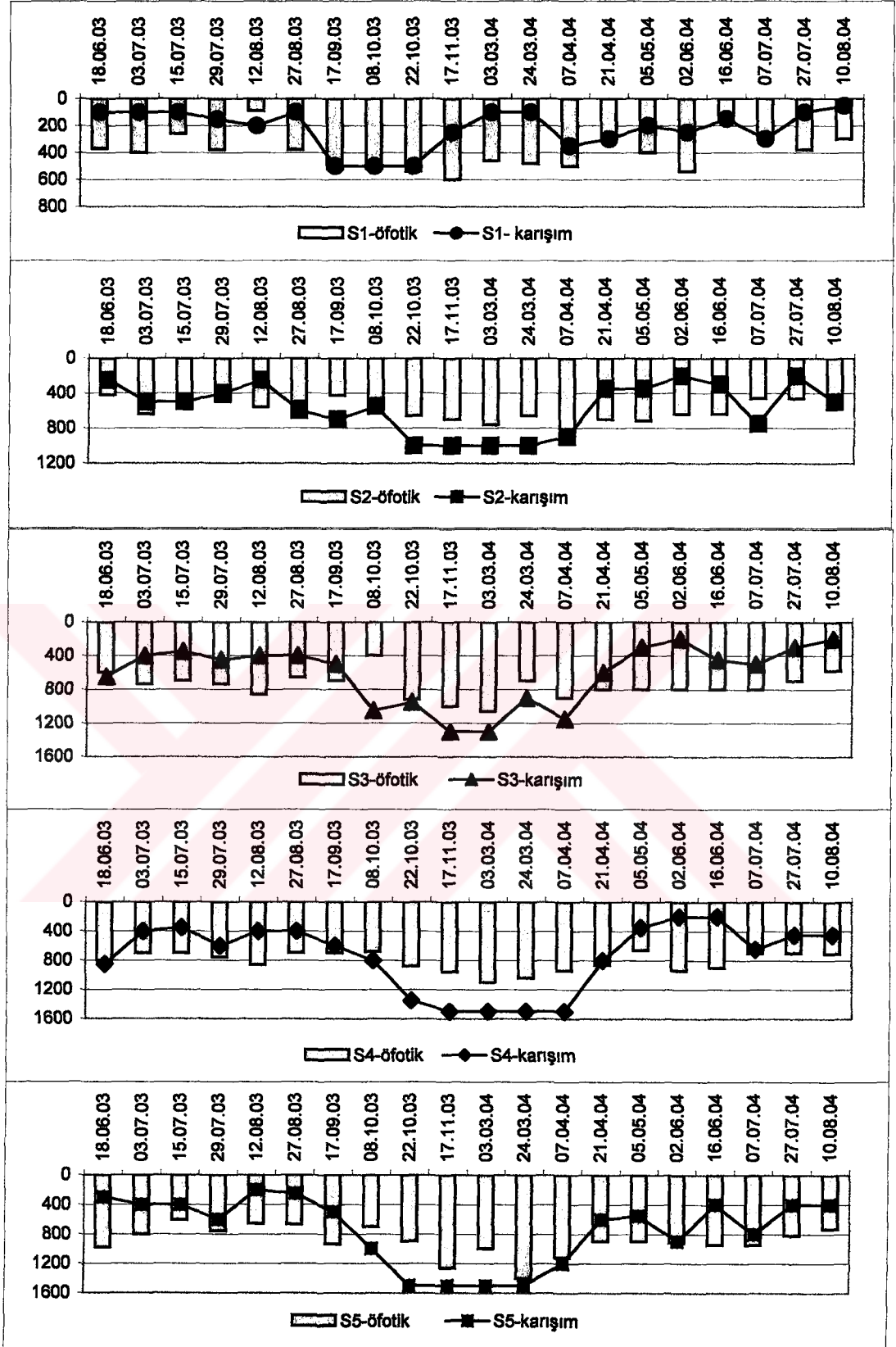
	S1-0	S1-5	S2-0	S2-5	S2-10	S3-0	S3-5	S3-10	S3-15	S4-0	S4-5	S4-10	S4-15	S5-0	S5-5	S5-10	S5-15
03.07.03	2	15	2	2	3	2	2	4	5	0	1	2	6	4	9	4	13
15.07.03	8	12	1	2	10	3	0	2	3	2	1	7	22	1	3	10	13
29.07.03	3	8	1	1	7	2	1	13	14	3	2	8	14	3	2	7	16
12.08.03	6	7	1	1	6	1	1	23	14	1	1	15	18	1	1	3	7
27.08.03	9	9	1	0	7	2	1	5	7	1	1	12	13	2	10	14	19
17.09.03	12	12	0	0	3	1	1	8	11	1	1	6	21	3	3	19	29
08.10.03	13	13	1	4	18	0	2	6	20	2	3	13	22	3	2	11	19
22.10.03	7	8	2	4	10	1	3	12	12	6	3	4	14	4	3	4	4
17.11.03	15	23	10	20	25	14	31	30	32	16	22	64	16	13	17	35	74
03.03.04	17	33	28	21	35	26	22	38	48	31	29	39	40	27	31	30	26
24.03.04	9	13	13	15	27	16	10	23	39	35	24	28	26	32	20	39	24
07.04.04	15	23	22	23	39	27	27	24	29	29	29	29	23	28	21	25	26
21.04.04	14	30	24	26	41	28	34	45	62	29	27	42	50	27	23	45	48
05.05.04	14	17	15	33	85	26	38	47	23	38	42	48	81	40	42	48	70
02.06.04	15	13	10	18	9	7	8	30	61	23	14	32	56	26	36	50	52
16.06.04	3	4	1	3	7	9	7	14	116	9	9	24	57	15	14	19	43
07.07.04	4	3	1	1	2	1	1	9	15	4	2	12	52	5	4	7	55
27.07.04	5	2	2	4	7	4	2	4	9	7	3	4	14	3	2	5	20
10.08.04	5	4	2	2	4	2	2	9	15	3	4	9	6	2	4	7	7



### 3.1.3. Klorofil *a*, Bulanıklık ve Secchi

Klorofil *a* değerleri çalışma boyunca ölçülen değerler içerisinde 2003 yılının Ağustos ayında istasyon III'ün yüzeyinde ölçülen 33,8µg/L ile maksimum değer göstermiştir. İstasyonlar arasında II. istasyonun daha yüksek konsantrasyonlara sahip olduğu grlmştir. İstasyonlar kendi içerisinde yüzey ve 5 metrede daha yüksek klorofil *a* değerlerine sahipken, derinlere gidildikçe bu değerlerin azaldığı gözlenmiştir. Set bölgesine doğru gidildikçe, İstasyon IV ve V'te diğer istasyonlara göre oldukça düşük konsantrasyonlar göstermiştir. Karışımın gözlendiği dönemlerde (sonbaharın ortaları ve ilkbaharın ortaları) istasyon I dışındaki istasyonların yüzey ve 5 metresinde klorofil *a* konsantrasyonlarında düşüş gözlenmiştir. Klorofil *a* değerinin maksimum bulunduğu tarihte, bu istasyonda lülen Secchi derinliği minimum (200 cm) olarak llmştir. Karışım dönemlerinde tespit edilen Secchi derinliği ve öfotik derinlik, tabakalaşmanın gözlendiği dönemlerden daha yüksektir. Tabakalaşma dönemlerinde, karışım derinliği öfotik derinliğin içerisinde kalmıştır (şekil 3.1.3.1.). Bu dönemlerde klorofil *a*, yüzey ve 5 metrede daha yüksek bulunmuştur.

Secchi derinliği ölçümlerinde, barajın başlangıç noktası olan istasyon I'den setin olduğu istasyon V'e doğru gidildikçe bir artış gözlenmiştir. Maksimum Secchi derinliği, istasyon V'te 24 Mart 2004 tarihinde 700 cm olarak bulunmuştur. Bu tarihte istasyon V için llen ortalama klorofil *a* miktarı da 1,14 µg/L ile en düşük konsantrasyonu göstermiştir.



Şekil 3.1.3.1. İstasyonlarda tespit edilen öfotik derinlik ve karışım derinliği (cm) grafikleri.



Bulanıklık ve klorofil *a* konsantrasyonları arasında istasyon II ve III'ün yüzey ve 5 metresinde pozitif bir ilişki gözlenmiştir. Ortalama bulanıklık verileri değerlendirildiğinde, genellikle sete doğru gidildikçe bulanıklığın azaldığı gözlenmiştir. Bulanıklığın barajın giriş bölgesi olan istasyon I'den sete yani istasyon V'e doğru azaldığı görülmüştür. İstasyon I, II, III, IV ve V'in ortalama bulanıklık değerleri sırasıyla 4,7, 3,9, 1,9, 1,7 ve 1,4 NTU olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.1.1.1.).

#### **3.1.4. pH**

2003 yılının Haziran ayında pH tüm istasyonlarda en yüksek değerlerini gösterirken, diğer yaz aylarında düşük olarak gözlenmiştir. Bu ayda İstasyon III 5 metrenin 8,84 değeri ile maksimum pH ya sahip olduğu görülmüştür. İstasyonlar kendi içerisinde değerlendirildiğinde, yüzey ve 5 metre pH değerlerinin 10 ve 15 metredeki değerlere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bütün örnekleme periyodu boyunca pH 7,7 ile 8,8 arasında değişen değerler göstermiştir.

#### **3.1.5. İletkenlik, TDS ve Tuzluluk**

Bütün istasyonlarda iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde ve tuzluluk arasında yüksek korelasyon katsayıları hesaplanmıştır (Ek- 1). İletkenlik, Mayıs 2004' de 1919 $\mu$ s ile istasyon II 10 metrede maksimum değer göstermiştir. Çözünmüş tuz konsantrasyonunun bir göstergesi olan iletkenlik değeri ile çalışmanın gerçekleştirildiği süre içerisinde genellikle %0,8 değeri ile sabit olan tuzluluk değeri de bu tarihte değişim göstermiş ve en yüksek değerine ulaşarak %1 olarak

ölçülmüştür. Aynı zamanda iletkenlik ve tuzluluk arsasındaki bu pozitif ilişki iletkenliğin en düşük değerlerinin gözlemlendiği 21 Nisan 2004 örneklemede de görülmüş ve tuzluluk miktarı da düşerek %0,6 olarak ölçülmüştür. Bu pozitif ilişkinin diğer bir parçası olan TDS de iletkenlik ve tuzluluğun maksimum olduğu örneklemede en yüksek değerine ulaşmış 947 mg/L olarak ölçülmüştür.

İletkenlik, Tuzluluk ve TDS miktarlarında bahar aylarında gözlenen düşüş, yaz aylarında yerini tekrar yükselmeye bırakmıştır. Yaz aylarındaki bu düşük değerler, göle giren ve çıkan su miktarlarının düşük olduğu ve yüksek göl su bekleme süresinin olduğu dönemlerle paralellik göstermiştir. Ağustos 2004 tarihinden sonra tekrar düşüş gözlenmiştir ki, bu da sonbahar karışımının başladığı tarihte uygunluk göstermektedir.

### **3.1.6. Alkalinite**

Çalışma periyodu süresince, alkalinite değerleri, 150-296 mg/L arasında değişkenlik göstermiştir. 2004 yılı Temmuz ayının ilk örneklemede istasyon III 150 mg/L ile minimum değeri gösterirken, 12. 08. 2003 tarihli örneklemede istasyon I'in 296 mg/L ile maksimum konsantrasyona sahip olduğu görülmüştür. Mevsimsel olarak alkalinite değerleri incelendiğinde, bahar aylarında bütün istasyonlarda bir düşüş gözlemlendiği görülmüştür. Yaz aylarında bu düşüş yerini tekrar yükselişe bırakmıştır. İstasyonlara kendi içerisinde bakıldığında; genellikle yüzeyden derine gidildikçe alkalinite değerlerinin arttığı görülmektedir. Bütün istasyonlarda 15 metre derinlikte hesaplanan alkalinite değerlerinin genellikle daha yüksek olduğu görülmüştür. İstasyon I'de ise, sığ olması sebebiyle, böyle bir farklılık göze çarpmamaktadır. Alkalinite ile silikat arasında istasyon II'nin tüm derinliklerinde

pozitif bir korelasyon bulunmuştur. Ayrıca istasyon III ve IV yüzey ve 5 metresinde ve istasyon V'in yüzeyinde de pozitif ilişki tespit edilmiştir (Ek-1).



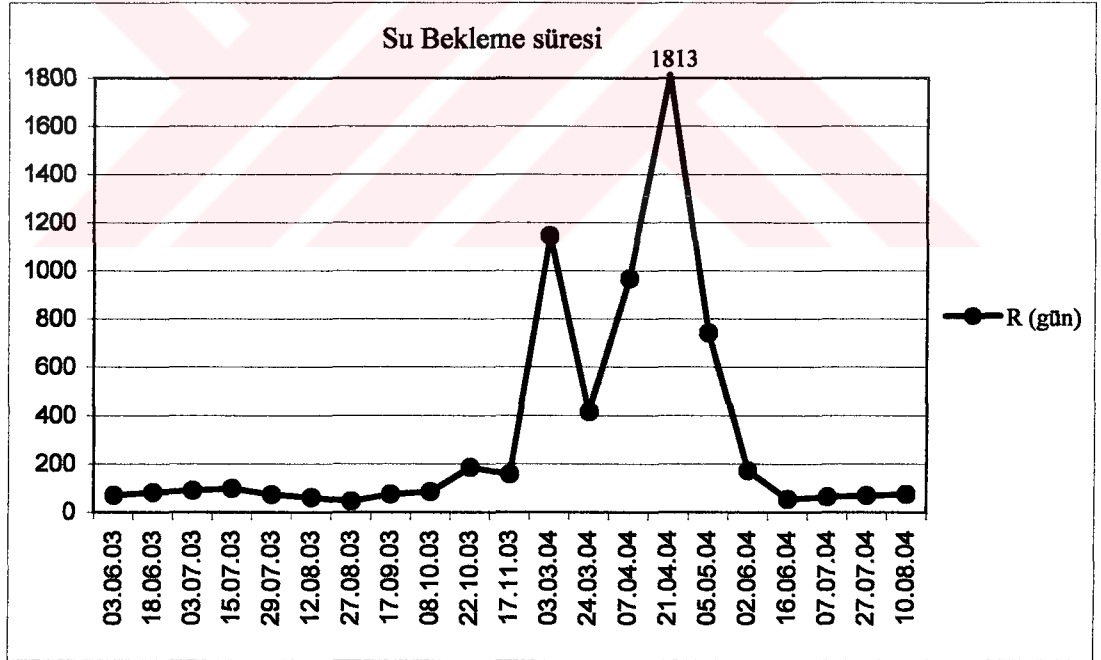
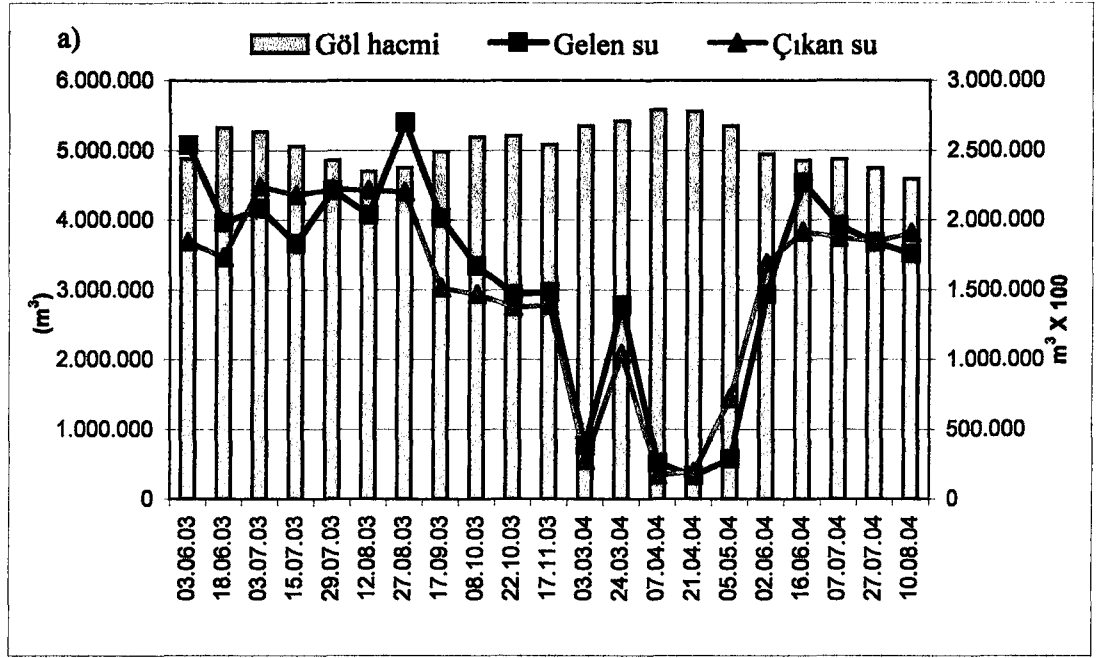
#### 4.TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada incelenen Kapulukaya Baraj Gölü Kızılırmak nehri üzerinde bulunan Hirfanlı, Kesikköprü, Kapulukaya Baraj zincirinin son halkasını oluşturmaktadır. Üst kısmında yer alan barajlardan çıkan su, en son Kapulukaya Barajı'na gelmekte ve girdi suyunu oluşturmaktadır. Doğal göl sistemlerinden farklı olarak baraj göllerinin tipik özelliği, içme suyu ihtiyacı, elektrik ihtiyacı ve barajdaki kot yüksekliğinde etkili olan yağış miktarına bağlı olarak su salınmasıdır. Kapulukaya Baraj Gölü' nün elektrik üretmek amacıyla kurulmasından dolayı, göle giren ve çıkan su miktarları ve buna bağlı olarak değişen göl hacmi ve suyun bekleme süresi gibi hidrolojik özellikleri, doğal ve mevsimsel salınımlardan ziyade bu barajın kullanım amacına bağlı olarak yetkili kurum ya da kurumlar tarafından doğrudan müdahale edilerek kontrol edilmekte ve değiştirilmektedir. Bu müdahalelerdeki temel amaç; özellikle elektrik üretimi için gerekli olan potansiyel basıncı sağlayabilmek için göl seviyesinin istenen seviyede tutulmaya çalışılmasıdır. Bundan dolayı; özellikle kış ve bahar aylarında artan yağmurlar ve azalan buharlaşma sonucunda doğal olarak artan göl seviyesi ve dolayısıyla hacmi göle doğrudan giren su miktarının azaltılması yoluyla kontrol edilmeye çalışılmaktadır.

Elektrik Üretim Anonim Şirketi'nin verilerine göre (EÜAŞ), 2004 yılının Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında çıkan su miktarlarının giren miktarlardan fazla olması da bu düzenlemenin bir göstergesidir (Şekil 4.1.a.). Yine aynı şekilde yapılan diğer bir düzenleme ise, elektrik üretim miktarları ile ilgilidir. 2003 yılında 2004 yılına göre daha fazla elektrik üretilirken, elektrik üretiminin ilkbahar aylarında yaz ve sonbahar aylarından daha düşük olduğu görülmüştür (Çizelge 4.1.1.)

Kapulukaya Baraj Gölünün hidrolojik özellikleri, havza üzerindeki diğer barajlardaki su rejimiyle ilgili uygulamalar nedeniyle, yıllara göre oldukça değişken bir durum göstermektedir. Son üç yıllık hidrolojik veriler incelendiğinde, baraj su hacminin, 2003 yılında 2002 ve 2004 yıllarına göre belirgin bir şekilde fazla olduğu görülürken 2004 yılında baraj hacmi en düşüktür. Ancak su bekleme süreleri açısından 2003 yılı ( $R= 0,62\pm 1,59$ ) 2004 yılına göre ( $R= 1,25\pm 1,99$ ) çok daha düşük bir ortalama değere sahiptir. Bu durumun nedeni, göl hacmi fazla olmasına karşın 2003 yılında gelen su miktarının artması ve böylece su bekleme süresinin azalmasıdır. Yapılan istatistiki karşılaştırma, göl hacmi, göle giren ve çıkan su miktarları ve su bekleme süreleri açısından 2003 ve 2004 yılları arasındaki farklılıkların önemli ( $P < 0,001$ ) olduğunu ortaya koymuştur.(Çizelge 4.1.1.)

Baraj limnolojisinin belirlenmesinde önemli bir faktör olan su bekleme süresi giren ve çıkan su ve değişen baraj hacmi nedeniyle göllerden farklı olarak barajın su tutma süresinin azalmasına yol açar<sup>(69)</sup>. Barajın kullanım amaçlarına yönelik olarak suyun bırakılması, barajlar arasında da su tutma süresinin farklılaşmasına neden olur. Yüksek elektrik üretiminin gerçekleştirildiği barajlarda suyun daha fazla dışarı bırakılması su bekleme süresinin azalması ile sonuçlanır<sup>(70)</sup>. Su bekleme süresi, baraja giren ve çıkan su miktarlarındaki mevsimsel değişikliklere paralel olarak kış ve bahar aylarında yaz ve sonbahar aylarına göre daha yüksektir. Örneklem periyodu süresince bahar aylarında su bekleme süresinde gözlenen artış, yaz aylarıyla birlikte düşüş göstermiştir. Bu aylar, göle giren ve çıkan su miktarının az olmasına karşın, göl hacminin en yüksek olduğu aylar olmasıyla bu duruma uygunluk göstermiştir ( Şekil 4.1.b.).



Şekil 4.1.1. Kapulukaya Baraj Gölü'nde 2003-2004 yıllarına ait hidrolojik veriler.  
a) Haziran 2003 ve Ağustos 2004 tarihleri arasındaki örnekleme dönemlerinde göle giren- çıkan su miktarı ve göl hacmi (m<sup>3</sup>) b) Su bekleme süresi (gün)

**Çizelge 4.1.1.** 2002, 2003, 2004 yıllarına ait hidrolojik verilerin 244 gün üzerinden ortalama ve standart hataları ile üç yıl arasındaki farklılık t-testiyle karşılaştırma sonuçları (P<0,05, önemli; P<0,01, çok önemli; P<0,001, çok çok önemli) \*365 gün üzerinden ortalama ve standart sapma değerleri ve P değerleri

	Ortalama±Standart sapma				P değeri		
	2002	2003	2004	2002-2003	2002-2004	2003-2004	
Toplam göl hacmi(m <sup>3</sup> )	*255.447.482±7.316.164 256.351.683±6.179.934	*258.204.463±10.498.030 258.199.588± 12.300.420	255.094.275±17.692.584	*0,000 0,039	0,269	0,000	
Toplam gelen su(m <sup>3</sup> )	*2.914.383±2.309.834 2.259.083± 2.027.164	*3.383.639±1.913.435 3.434.326±2.167.819	2.706.501±1.933.478	*0,001 0,000	0,002	0,000	
Toplam bırakılan su(m <sup>3</sup> )	*2.701.129±1.992.655 2.074.584±1.846.031	*3.158.262±1.121.077 3.302.160±1.316.551	2.666.164±1.719.987	*0,000 0,000	0,000	0,000	
Suyun bekleme süresi(gün)	*221,03±335,41 284,10±382,65	*187,10±477,37 223,89±570,98	447,55±714,36	*0,224 0,140	0,001	0,000	
Toplam elektrik üretimi (kWh)	*250.805±189.489 191.521±175.070	*293.775±105.724 306.171±124.370	242.597±159.014	-	-	-	

Barajlarda su tabakasında yatay ve dikey olarak oluşan heterojen yapılaşmanın, baraj gölünün morfometrik özellikleri, su giriş ve çıkışı, su bekleme süresi ve termal tabakalaşma özellikleri tarafından belirlendiği bilinmektedir<sup>(6)</sup>. Su bekleme süresi ile barajlarda gözlenen üç farklı bölgenin büyüklüğü ve şekli arasındaki ilişkiye göre, su bekleme süresi 10 günden az olan barajlarda tüm baraj nehir bölgesi haline gelebilirken, 200 günden fazla olduğunda nehir bölgesi kısa olur ve barajın çoğu göl bölgesi halinde yer alır<sup>(6,71,72)</sup>. Bu özellikler ışığında, su bekleme süresi 200 günden fazla olan Kapulukaya Baraj Gölü'nde farklı aylarda bu bölgelerin büyüklükleri değişmekle birlikte, nehir bölgesinin kısa olması ve derin göl özelliklerini göstermesi (tabakalaşmanın uzun süreli devam etmesi, metalimniyonun gözlenmesi) de, barajın büyük bir kısmının göl bölgesi halinde bulunduğunu ortaya koymuştur.

Baraj göllerinde tabakalaşma ve karışımın oluşumunu ve bunların mevsimsel olarak değişikliklerini belirlemede, sıcaklık ve rüzgar başta olmak üzere fiziksel faktörler başlıca role sahiptir. Bu faktörlerin etki derecesi ise barajın coğrafik konumu ve baraj göl çanağının şekli ve yerleşimi ile yakından ilgilidir<sup>(73)</sup>. Kapulukaya Barajı genel itibariyle dar ve derin vadi içerisinde uzanan “kanyon” tipinde baraj morfolojisine sahiptir. Bu uzun dar kanalın her iki yanında nispeten aralıksız devam eden yüksek tepeler, barajın rüzgar ve hava akımlarının neden olacağı sıcaklık-yoğunluk değişikliklerine en az izin verecek şekilde korunaklı olmasını sağlayan bir yapı oluşturmaktadır. Bu yapı, hidrolojik özelliklerin Kapulukaya Baraj Gölü'nde neden olduğu göl tipi yoğunluklu yapısına olanak sağlayan diğer bir özellik olarak değerlendirilebilir. Nitekim, çalışma periyodu boyunca sıcak mevsimlerde (2003 yılı yaz mevsimi ve 2004 yılı bahar ve yaz mevsimi) kesintisiz olarak tespit edilen yoğun tabakalaşma bunun göstergesidir.



Kapulukaya Barajı'nın durgun su niteliğini, bu tür baraj göllerinde aslında çok kısa süreli olarak oluşan metalimniyon tabakasının<sup>(17)</sup>, bahar ve yaz aylarında uzun süreli olarak devam ediyor olması da açık bir şekilde ortaya çıkarmaktadır. Yapılan çalışmada, 2004 yılındaki tabakalaşmanın başlangıç dönemi olan bahar aylarında oluşan metalimniyon tabakası, yaz aylarında ortadan kalkmıştır. Metalimniyonun oluşma döneminin, tabakalaşmanın başladığı döneme (bahar ayları) denk geldiği, yapılan araştırmalarda da sıklıkla ifade edilmektedir<sup>(38)</sup>. Yaz aylarında devam eden tabakalaşmaya karşın, metalimniyon tabakasının ortadan kalkması, bu aylarla birlikte baraja giren ve çıkan su miktarlarındaki artışlara bağlanabilir. Su bekleme süresinin yüksek olduğu Nisan ve Mayıs aylarında gözlenen metalimniyon tabakası, gelen su miktarının artmasıyla birlikte su bekleme süresinin düşüşü ile ortadan kalkmıştır. Ancak aynı gelişmenin yani su giriş çıkış miktarlarındaki artışla birlikte metalimniyon tabakasının ortadan kalkması durumunun 2003 yılında gerçekleşmediği ve bu tabakanın, 2003 yılı yaz aylarında da devam ettiği belirlenmiştir. Metalimniyon tabakasının oluşumu, ayakta kalma süresi ve bozulması üzerinde, göle giren suyun miktarları kadar gelen suyun sıcaklığı ve taşıdığı toplam katı madde miktarı gibi özellikleri de etkili olabilmektedir<sup>(74)</sup>. Bu nedenle, Kapulukaya Baraj Gölü'nde her iki yıl arasında metalimniyon tabakası bakımından ortaya çıkan bu farklılık, bu iki yıl içerisinde gelen suyun sıcaklığı ve taşıdığı toplam katı madde miktarı gibi birtakım özelliklerin farklılıklarından ortaya çıkmış olabilir. 2003 yılı yaz aylarında gelen su ve göl suyu sıcaklığı arasındaki farkın (giren su = 20°C ve göl suyu = 21°C ), 2004 yılına göre (giren su = 19°C, göl suyu = 22°C) az olması, 2003 yılında yoğunluk farklılıklarından dolayı meydana gelen nisbi karışımın (ve böylece metalimniyonun ortadan kalması) gerçekleşme ihtimalini azaltmış ve metalimniyonun daha uzun süre ayakta kalmasına neden olmuştur. Gelen suyun

sıcaklığı, yüzey suyunun sıcaklığından az ve hipolimniyon su sıcaklığından büyük olduğunda, suyun iç akıntı şeklinde ilerlediği ve bunun da metalimniyonu bozarak ortadan kalkmasına sebep olduğu sıklıkla ifade edilmiştir<sup>(38)</sup>.

Tabakalaşmanın görüldüğü dönemlerde, derinlere gidildikçe oksijen konsantrasyonlarında gözlenen azalma, 2003 yılında 2004 yılına göre daha fazla açığa çıkmıştır. 2003 yılında gelen su miktarının 2004 yılından daha fazla olması, diğer çalışmalarda belirtildiği üzere, gelen su ile birlikte getirilen allohton miktarının fazla olmasıyla birlikte gözlenen oksijensizliği açıklar niteliktedir<sup>(38)</sup>.

Çalışma süresi içerisinde, 2003 yılına ait TP konsantrasyonları yazın daha yüksek olarak bulunmuş olup, en yüksek konsantrasyonu Temmuz ayında görülmüştür. Sonbaharda ise yaz aylarında tespit edilen değerlerden daha düşük değerler gözlenmiştir. Çubuk II Baraj Gölü'nde gerçekleştirilen çalışmada ise, TP konsantrasyonları yazın en düşük kış ve bahar aylarında en yüksek olarak bulunmuştur<sup>(75)</sup>. Bu durum Kapulukaya Barajı'na gelen su ile ilgili olabilir. Çünkü, yaz aylarında Kapulukaya Barajı'na üstteki rezervuarlardan gelen su miktarı daha yüksek iken, sonbahar ve özellikle ilkbaharda bu oran oldukça düşmektedir.

Kapulukaya Baraj Gölü'ndeki TP konsantrasyonlarının boyamsal değişimi, diğer birçok baraj gölünde tipik olarak bilinen yapıya uygunluk göstermiştir. Baraj giriş bölgesinden itibaren, gelen suyun yüklerinin etkisinde artan TP konsantrasyonları, barajın sete doğru olan bölgesine gidildikçe kademeli olarak azalmaktadır. Setin olduğu göl bölgesinde, özellikle sedimentasyonun dominant bir proses olması ve çıkan suyla birlikte barajdan dışarı verilen TP miktarlarının en fazla bu göl bölgesini etkilemesi neticesinde setin bulunduğu bölgede TP konsantrasyonları en düşük olarak bulunmaktadır<sup>(38,76)</sup>.

Fosforun fitoplankton büyümesi için sınırlayıcı element olduğunu belirten Perkins ve ark., yaptıkları çalışmada, fitoplankton miktarının bir göstergesi olan klorofil *a* ile TP konsantrasyonları arasında pozitif bir ilişki belirlemişlerdir<sup>(76)</sup>. Ancak, bu çalışmada klorofil *a* ile toplam fosfor konsantrasyonları arasında böyle bir pozitif ilişki sadece SI-Y, SII-Y, SII-5, ve SV-5 metrede görülmüştür. Bu durum, söz konusu bu istasyonlarda klorofil *a* konsantrasyonlarının diğer derinliklerdeki (10 m. ve 15 m.) değerlerine göre daha yüksek olması ile uygunluk göstermektedir. İstasyon I, II ve nispeten III, göle giren suyun miktar ve özelliklerinden en fazla etkilenen istasyonlardır. Üstelik, göle giren suyun bu başlangıç istasyonlarında yüzey akışı olarak devam ettiği ve bu nedenle yüzey ve 5 metre derinliklerdeki TP ve klorofil *a* konsantrasyonunu etkilediği söylenebilir.

Bu çalışmada, klorofil *a* ve TP değerlerinin daha yüksek olduğu yüzeyde ve 5 metrede pH değerleri de daha yüksek olarak tespit edilmiştir. pH değerlerinin yüzey ve beş metrede yüksek olması fitoplanktonun fotosentetik aktivitesi sonucunda yoğun CO<sub>2</sub> fiksasyonunun epilimniyonda pH'nın alkaline değerler göstermesine neden olduğu ve derinlere gidildikçe pH'da gözlenen azalmanın ayrışma ve solunum olaylarının artması neticesinde oluştuğu, yapılan diğer çalışmalarda belirtilmiştir<sup>(72)</sup>. Ayrıca, Hart ve ark., maksimum pH değerlerinin, yüksek fitoplankton birincil üretimini yansıtabileceğini ileri sürmüştür ancak klorofil *a* verileri bulunmadığı için görüşlerini destekleyememişlerdir<sup>(77)</sup>. Yapılan bu çalışmada pH ortalamaları değerlendirildiğinde en yüksek ortalamanın istasyon II'de tespit edildiği bulunmuştur. Aynı zamanda bu istasyon en fazla klorofil *a* konsantrasyonuna sahip olduğu görülmüştür. Yapılan korelasyon sonucunda da istasyon II nin yüzeyinde pH ve klorofil *a* arasında pozitif korelasyon gözlenmiştir.

Çalışmamızda, amonyum değerlerinin 17,9-417,1 µg/L arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu değerler, amonyum için diğer bazı çalışmalarda belirtilen toksik etki sınır değerlerini aşmaktadır. Örneğin, Hart ve ark. yaptıkları çalışmada 160-650 µg/L arasında değişen yüksek amonyum konsantrasyonları tespit etmiştir<sup>(77)</sup>. Aynı çalışmada araştırmacılar, serbest amonyumun balıklar için oldukça toksik olduğunu da belirtmişlerdir. 2002 yılında yapılan bu çalışmada, Avustralya Su Kalitesi Rehberine göre, tatlı su biotasının % 99'unu korumak için amonyum konsantrasyonunun 320µg/L den az olması gerektiği belirtilmiştir.

Kapulukaya Baraj Gölü'nde tespit edilen yüksek amonyum konsantrasyonlarının sebebi, baraja gelen organik madde yüklerinin fazlalığı olabilir. Bu durumda, Kızılırmak nehrinin, havzası içerisindeki yerleşim bölgelerinin etkisi altında getirdiği atıkların fazlalığından şüphe edilmelidir. Kapulukaya Barajı'na gelmeden önce, Hirfanlı ve Kesikköprü Barajları'nda dinlenen Kızılırmak nehir suyunun, bu yüklerinden kurtulması gerektiği düşünülebilir. Ancak, Hirfanlı ve Kesikköprü Barajları'ndan salınan suyun, bu barajların dip hipolimniyon tabakası olduğu dikkate alınacak olursa, suyun dinlendirmeden sonra biriken yüklerinin aslında Kapulukaya Barajı için kaynak olan girdi suyunu oluşturduğu söylenebilir.

Ömerli Barajında, Albay ve Akçaalan'nın yaptığı çalışmada nitrit-nitrat ve amonyum konsantrasyonlarının derinlikle arttığı tespit edilmiştir<sup>(73)</sup>. Yapılan bu çalışmada da nitrit-nitrat ve amonyum konsantrasyonlarının 10 ve 15 metrede daha fazla olduğu gözlenmiştir. Yine diğer bir çalışmada, amonyum konsantrasyonlarının dip kısımda daha yüksek olduğu vurgulanmıştır<sup>(78)</sup>. Bu durum, dip bölgelerde artan oksijensizlikle birlikte, denitrifikasyonun arttığına delil olarak gösterilebilir<sup>(79,80)</sup>.

Yapılan bu çalışmada, nitrit-nitrat ve amonyum tuzlarının toplamı olan çözülmüş inorganik azot (DIN) konsantrasyonunun minimum ve maksimum değerleri 17,9-1088,7 µg/L olarak tespit edilmiştir. DIN konsantrasyonuna, nitrit-nitrat azotunun katkısının bahar aylarında daha fazla olduğu görülürken, yaz aylarında bu durumun değişerek amonyumun daha fazla katkıda bulunduğu görülmüştür. Bahar aylarında nitrit-nitrat katkısının fazla olması, Kapulukaya Barajı'nın kendi havzasından giren su miktarı ile birlikte nitrit-nitrat konsantrasyonunda gözlenen artışa bağlanabilir<sup>(17)</sup>. Yaz aylarında bakteriyel faaliyetlerin artması, daha fazla oksijen tüketilmesine ve azalan oksijen konsantrasyonuna bağlı olarak sedimandan suya amonyumun daha fazla bırakılması ile yaz aylarında, amonyum konsantrasyonunda gözlenen artış açıklanabilir<sup>(81)</sup>. Yapılan bu çalışmada gözlenen maksimum DIN miktarının literatürdeki değerlerden daha düşük olduğu görülmüştür<sup>(73,77)</sup>.

Fosfor ve azotun alg gelişimine sınırlayıcı etki yapmalarından dolayı DIN/TP oranının fitoplankton biyomasının belirlenmesinde önemli olduğu birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir. Laboratuvar deneyleri sonucunda farklı fitoplankton türleri için farklı optimum oranların bulunmasına rağmen<sup>(82)</sup>, değişik araştırmacıların ortaya koyduğu optimum oran 16:1 olarak literatürlerde yer almaktadır<sup>(6,76,83)</sup>. DIN/TP oranı 16'dan küçük olduğunda azotun sınırlayıcı, büyük olduğunda ise fosforun sınırlayıcı olduğu belirtilmiştir. Yapılan bu çalışma bu orana göre değerlendirildiğinde, istasyon V 15 metre haricindeki bütün istasyonlarda yaz aylarında DIN/TP oranının 16'dan küçük olduğu görülmüş ve şiddetli bir azot limitasyonuna işaret etmiştir. İstasyon V 15 metrede ise azot limitasyonu ile beş kez karşılaşmıştır. Bunlardan dördü 2003 yılına ait örneklemlerken, sadece bir tanesi 2004 yılında gözlenmiştir (Çizelge 3.1.2.1.).

Şiddetli azot limitasyonun gözleendiği dönemlerde diğere fitoplankton türlerine karşın havadaki azotu tespit etme ve kullanma yeteneğinde olan siyanobakter popülasyonlarının avantajlı hale geçerek gelişebildiği bilinmektedir<sup>(84)</sup>. Toksik olan siyanobakterlerin bu artışının su kalitesini olumsuz yönde etkilediği birçok çalışmada belirtilmiştir<sup>(19,20)</sup>. Kapulukaya Baraj Gölü'nde < 16 olarak tespit edilen azot/fosfor oranlarının yaz aylarında, toksik siyanobakter gelişimine fırsat veren koşulların oluşmuş olabileceğine işaret etmektedir. Ancak, göldeki siyanobakter gelişmesinin varlığı konusunda kesin bir değerlendirme yapılabilmesi için, gölden alınan örneklerde fitoplankton tür kompozisyonunun belirlenmesi gerekmektedir.

Perkins ve ark.<sup>(76)</sup> yaptıkları çalışmada klorofil *a* konsantrasyonunun barajın uzunluğu boyunca uzaklıkla birlikte azaldığını tespit etmiştir. Bu çalışmada da ortalama klorofil *a* konsantrasyonları ele alındığında, istasyon I'in istasyon II'den daha az konsantrasyona sahip olduğu gözlenmiş, istasyon II'den setin bulunduğu istasyon V'e doğru gidildikçe klorofil *a* konsantrasyonun da azalma gözlenmiş, büyük gölü temsil eden istasyon IV ile istasyon V'te yaklaşık olarak eşit değerler bulunmuştur. Girişten sete doğru gidildikçe klorofil *a* konsantrasyonunda gözlenen bu azalmanın, ana kaynaktan uzaklaştıkça besin tuzlarındaki azalmanın bir sonucu olarak ve artan derinlikle beraber su hacminin artmasından dolayı meydana gelebileceği yapılan çalışmalarda belirtilmiştir<sup>(76)</sup>. Girişi temsil eden istasyon I'de, daha düşük konsantrasyon tespit edilmiş olması, buranın nehir özelliği göstermesinden dolayı akıntının fazla olmasından kaynaklanabilir. Aynı zamanda istasyon I'in giriş istasyonu olmasıyla birlikte, bulanıklılığın ve askıda partiküllerin bu istasyonda daha fazla olması, ışık geçişini engelleyerek fitoplankton büyümesini sınırlandırabilmektedir<sup>(70,85,86)</sup>.

Kapulukaya Baraj Gölü'nde tabakalaşmanın bozulup, karışımın görüldüğü dönemde, yüksek klorofil *a* konsantrasyonları yüzey ve 5 metrede azalmaya başlamıştır. Karışım tabakasının en yüksek derinliklere ulaştığı bu dönem, Ekim (sonbahar karışımı)-Nisan (bahar karışımı) ayları arasında gözlenmiştir. Bu dönemde klorofil *a* konsantrasyonlarındaki azalmanın sebebi, tabakalaşmanın bozulmasıyla birlikte, fitoplanktonun öfotik seviyeden daha derinlere hareket etmesine olanak veren su karışımının ortaya çıkması, buna karşın daha derinlere giden fitoplanktonun güneş ışığını yeterince kullanamamaya, fotosentez yapamadığından dolayı azalmasıdır. Tabakalaşma, öfotik derinlik ve karışım derinliği arasındaki bu ilişki, baraj göllerinde su kalitesinin izlenmesinde kullanılan en önemli parametrelerden birisidir. Çünkü, çoğu zaman, birincil üretimin azaltılması su kalitesiyle ilgili uygulamalardaki temel amacı oluşturmaktadır. Kapulukaya Barajı'nda barajın kendi limnolojik şartları içerisinde kendiliğinden gelişen ve birincil üretimin azalmasına sebep olan su karışımı, birçok barajda dışardan suni müdahaleler yoluyla istenildiği zaman oluşturulmaya çalışılmaktadır<sup>(6,8)</sup>. Bu amaçla, geliştirilmiş olan belli teknolojiler kullanılabilir. Örneğin, hipolimniyona yerleştirilen ve suda fiziksel hareketi sağlayan karıştırıcılar veya oksijen pompaları bu amaca hizmet etmektedir<sup>(20,87)</sup>. Maliyetli ve zor olan bu teknolojilerin dışında, aynı sonuçlara baraj gölünün hidrolojik özelliklerinin değiştirilmesi suretiyle ulaşmayı amaçlayan uygulamalar da mevcuttur. Örneğin, gölden bırakılan suyun, fosfor ve fitoplankton miktarları arasındaki ilişkiye bağlı olarak, yılın belli dönemlerinde epilimniyon ya da dip hipolimniyon bölgesinden alınmasına seçici bir şekilde karar verilerek değiştirilebilir<sup>(53)</sup>. Ya da, özellikle içme suyu için kullanılan barajlarda olduğu gibi, suyun istenilen zamanda istenilen derinlikten alınabilmesine olanak veren kule sistemi kullanılabilir<sup>(6,8,38)</sup>. Ancak, bu seçeneklerden su alınma derinliğinin



değiştirilmesine olanak tanıyan müdahaleler, Kapulukaya Baraj Gölü için kullanılamaz. Çünkü bu barajın öncelikli kullanım amacı elektrik üretimidir ve suyun dipteki bir derinlikten bırakılma zorunluluğu vardır. Bunun yanı sıra yukarıda sözü edilen diğer teknolojiler kontrollü bir şekilde göl yöneticileri tarafından istenen su kalitesine ulaşmak için kullanılabilir.





## KAYNAKLAR

- 1) Yalçın, H., Gürü, M., 2002. Su Teknolojisi. Palme Yayıncılık:204.
- 2) Jurdi, M., Korfali, S.I., Karahogopian, Y. and Davies, B.E., 2002. Evaluation of water quality of the Qaraaoun Reservoir, Lebanon: Suitability for multipurpose usage. *Environmental Monitoring and Assessment*, 77 (1): 11-30.
- 3) Tundisi, J.G. and Matsumura-Tundisi, T., 2003. Integration of research and management in optimizing multiple uses of reservoirs: the experience in South America and Brazilian case studies. *Hydrobiologia*, 500 (1- 3): 231-242.
- 4) Moss, B. 1988. *Ecology of freshwaters: Man and Medium*, 2nd. edition, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- 5) Fernando, C.H. (ed.), 1984. *Ecology and Biogeography of Srilanka*. Junk Publishers, Den Haag.
- 6) Straskraba, M.and Tundisi, J.G.,1999. Guidelines of lake management Reservoir water quality management. International Lake Environment Committee Foundation, volume 9.
- 7) Moss, B. 1998. *Ecology of freshwaters: Man and Medium*, 3rd edition, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- 8) Tundisi, J.G, 2003. *Reservoir Management: Integration of Criteria Considering Environment and Use*. Mediterranean Agronomic Institute of Zaragoza.
- 9) Mason, C.F., 1991. *Biology of Freshwater pollution*, Longman, London.

- 10) Schindler, D.W., 1977. Evolution of phosphorus limitation in lakes. *Science* 195: 260-262.
- 11) Holas, J., Holas, M. and Chour, V., 1999. Pollution by phosphorus and nitrogen in water streams feeding the Zelivka Drinking Water Reservoir. *Water Science Technology*, 39 (12): 207-214.
- 12) Carpenter, S.R. and Kitchell, J.F., 1993. The trophic cascade in lakes, Cambridge: Cambridge University Press (Cambridge Studies in Ecology).
- 13) Shapiro, J., 1990. Biomanipulation: the next phase making it stable. *Hydrobiologia*, 200/201: 13-27.
- 14) Polis, G.A. and Winemiller, K.O., 1996. Food webs: integration of patterns and dynamics, New York, Chapman and Hill.
- 15) Vollenweider, R.A., 1989. Global problems of eutrophication and its control. *Syp. Biol. Hung.* 38. In: Conservation and Management of Lakes (Eds), J. Salaniki, S. Herodek.
- 16) Straskraba, M., 1996. Lake and reservoir management. *Verhandlungen, Internationale Vereinigung für Limnologie*, 26: 193-209.
- 17) Hendersson- Sellers, B. and Markland, H.R., 1987. Decaying Lakes; The origins and control of cultural eutrophication. John Wiley and Sons.
- 18) Paerl, H.W., 1988. Nuisance phytoplankton blooms in coastal estuarine and inland waters. *Limnology and Oceanography*, 33: 823-847.
- 19) Chorus, I.E., 2001. Cyanotoxins, Occurrence, Causes, Consequences, Springer, Berlin, p. 357.
- 20) Heo, W.M. and Kim, B., 2004. The effect of artificial destratification on phytoplankton in a reservoir. *Hydrobiologia*, 524: 229-239.

- 21) McQueen, D.J., Post, J.R. and Mills, E.L., 1986. Trophic relationships in freshwater pelagic ecosystems. *Can. J. Fish. Aq. Sci.*, 43: 1571-1581.
- 22) Mortensen, E., Jeppesen, E., Sondergaard, M. and Kamp Nielsen, L., 1994. (eds) Nutrient dynamics and biological structure in shallow freshwater and brackish lakes. Kluwer Academic Publishers, reprinted from *Hydrobiologia*, 275/276: 507p.
- 23) Jeppesen, E., Jensen, J.P., Sondergaard, M., Lauridsen, T., Pederson, L.J. and Jensen, L., 1997. Top-down control in freshwater lakes: the role of nutrient sate, submerged macrophytes and water depth. *Hydrobiologia*, 342/343: 151-164.
- 24) Ringelberg, J., 1991. Enhancement of the phototactic reaction in *Daphnia hyalina* by a chemical mediated by a juvenile perch (*Perca fluviatilis*). *J. Plankton. Res.*, 13: 17-25.
- 25) Lampert, W., 1993. Ultimate of diel vertical migration of zooplankton: new evidence for the predator avoidance hypothesis. *Arch. Hydrobiol. Beigh. Ergebn. Limnol.*, 39: 79-88.
- 26) Matveev, V. and Matveeva, L., 1997. Grazer control and nutrient limitations of phytoplankton biomass in two Australian reservoirs. *Freshwater Biology*, 38: 49-65.
- 27) Ryder, R.A., 1978. Ecological heterogeneity between north temperate reservoirs and glacial lake systems due to different succession rates and cultural uses. *Verh. Intern.Verein. Limnol.*, 20: 1568-1574.
- 28) Baxter, R.M., 1977. Enviromental effects of dams and impoundnments. *Ann. Rev. Ecol. and syst.*, 8: 255-283.

- 29) Goldmann, C.R. and Kimmel, B., 1978. Biological processes associated with suspended sediments and detritus in lakes and reservoirs. In Cairns, J., Benfield, E.F., and Webster, J.R., eds. Current perspectives on rivers reservoir ecosystems. North American Benthological Society Publication No.2.
- 30) Kennedy, R.H., Thornton, K.W. and Ford, D., 1985. Characterization of the reservoir ecosystem. Pages 27-38 in D. Gunnison, ed. Microbial processes in reservoirs. Dr. W. Junk Publishers, Boston, MA.
- 31) Thornton, K.W., Kennedy, R.H., Carroll, J.H., Walker, W.W., Gunkel, R.C. and Ashby, S., 1981. Reservoir sedimentation and water quality - A heuristic model. Pages 654-661 in H.G. Stefan, ed. Proceedings of the symposium on surface water impoundments. Amer. Soc. Civil Engr., New York, NY.
- 32) Henderson, H.F., Ryder, R.A. and Kudhongania, W., 1973. Assessing fishery potential of lakes and reservoir. J. Fish Res. Board Can., 30: 2000-2009.
- 33) Carline, R.F., 1986. Indices as predictors of fish community traits. Pages 46-56 in Hall, G.E. and Van Den Avyle, M.J., eds. Reservoir fisheries management : Strategies for the 80' s. Am. Fish Soc., Bethesda, MD.
- 34) Soballe, D.M. and Kimmel, B.L., 1987. A large- scale comparison of factors influencing phytoplankton abundance in rivers, lakes, and impoundments. Ecology, 68: 1943- 1954.
- 35) Kennedy, R.H., Thornton, K.W. and Gunkel, Jr. R.C., 1982. The establishment of water quality gradients in reservoirs. Can. Wat. Res. J., 7: 71-87.

- 36) Gordon, J.A. and Bekel, R.M., 1985. Suspended sediment characteristics of Lake Cumberland, Kentucky. Pages 259-264. In Proc. N. Am. Lake Mgt. Soc. 1.
- 37) Geddes, M.C., 1984. Limnology of Lake Alexandria, River Murray, South Australia, and the effects of nutrients and light on the phytoplankton. Aust. J. Mar. Freshwat. Res., 35: 399-415.
- 38) Kimmel B.L., Lind, O.T. and Paulson, L.J., 1990. Pages 133-195 in Thornton, K.W., Kimmel, B. L. and Payne, F. E. eds. Reservoir Limnology: Ecological Perspectives. John Wiley and Sons, Inc. New York, NY.
- 39) Walker, W.W., 1982. A simplified method for predicting phosphorus gradient potential in reservoirs, prepared for Environmental Laboratory. EWQOS Work Unit 1-E, Working paper No. 10. USAE Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- 40) Kennedy, R.H., Thornton, K.W. and Carrol, J.H., 1981. Suspended sediment gradients in Lake Red Rock. Pages 1318-1328 in H.G. Stefan, ed. Proceedings of the symposium on surface water impoundments. Amer. Soc. Civil Eng. New York, N.Y.
- 41) Canfield, D.E. and Bachmann, R.W., 1981. Prediction of total phosphorus concentrations, chlorophyll-a and Secchi disc in Natural and artificial lakes. Can.J.Fish. and Aq.Sci., 38: 414-423.
- 42) Straskraba, M., 1973. Limnological basis for modelling reservoir ecosystems. In: W. C. Ackerman, F. G. White & E. B. Worthington (eds.), Man Made Lakes: Their Problems and Environmental Effects. American Geophysical Union, Washington, D. C., Geophys. Monogr., 17: 517-535.

- 43) Dendy, J.A., 1945. Depth distribution of fish in relation to environmental factors, Norris Reservoir. J. Tenn. Acad. Sci., 20:114-131.
- 44) Retting, S.A., 1980. Limnological reconnaissance of Shasta Lake- Shasta County, California, March 1977- Sept. 1978. Pages 1474-1483 in H. G. Stefan, ed. Proceedings of the symposium on surface water impoundments. Amer. Soc. Civ. Eng., New York, NY.
- 45) Hrbacek, J., Prochazkova, L., Straskraboua-Prokesova, V. and Junge, C.O., 1966. The relationship between the chemical characteristics of the Vltava River and Slapy Reservoir with an appendix: Chemical Budget for Slapy Reservoir. Hydrobiol. Stud., 1: 7-40.
- 46) Eley, R.L., 1967. Physiochemical limnology and community metabolism of Keystone Reservoir, OK. Ph.D. Thesis, Oklahoma State University, Stillwater, OK. 240 pp.
- 47) Haberle, T.G., 1981. The spatial and temporal pattern of depletion of hypolimnetic dissolved oxygen in Canyon Reservoir, Texas. M. S. Thesis, Southwest Texas State University, San Marcos.
- 48) Lund, J.W.G., Mackereth, F.J.H. and Mortimore, C.H., 1963. Changes in depth and time of certain chemical and physical conditions and of the standing crop of *Asterionella formosa* Has. in the north basin of Windermere in 1947. Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. Ser., B246: 255-290.
- 49) Lasenby, D.C., 1975. Development of oxygen deficits in 14 southern Ontario lakes. Limnol. Oceanogr., 20(6): 993-999.
- 50) Cangialosi, P.M., 1976. A phosphorus budget and lake models for lake Ozania. M.S. Thesis, Civ. Envir. Eng. Dept. Clarkson College of Tehnology, Potsdam, N.Y. 68pp.

- 51) Lepak, C.J., 1976. Limiting nutrient and trophic level determination of Lake Ozonia by algal assay procedure. M.S. Thesis, Clarkson College of Technology, Potsdam, NY. 71 pp.
- 52) Cole, T.M. and Hannan, H.H., 1990. Dissolved Oxygen Dynamics. Pages 71-109 in Thornton, K.W., B.L. Kimmel, and F.E. Payne (eds.). Reservoir Limnology: Ecological Perspectives. John Wiley and Sons, Inc. New York, N.Y.
- 53) Barbiero, R.P., James, W.F. and Barko, J. W., 1997. The effects of a change in withdrawal operation on phytoplankton and nutrient dynamics in Eau Galle Reservoir, Wisconsin (U.S.A.). *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologia*, 82: 531-543.
- 54) Martin, D.B. and Arneson, R.D., 1978. Comparative limnology of a deep discharge reservoir and a surface discharge lake on the Madison River, Montana. *Freshwat. Biol.*, 8: 33-42.
- 55) Kortmann, R.H., Henry, D.D., Kuether, A. and Kaufman, S., 1982. Epilimnetic nutrient loading by metalimnetic erosion and resultant algal responses in Lake Waramaug, Connecticut. *Hydrobiologia*, 92: 501-510.
- 56) Effler, S.W., Wodka, M.C., Driscoll, C.T., Brooks, C., Perkins, M. and Owens, E.M., 1986. Entertainment-based flux of phosphorus in Onondaga Lake. *ASCE J. Environ. Eng.*, 112: 617-622.
- 57) Livingstone, D.M. and Schanz, G., 1994. The effects of deep water siphoning on a small, shallow lake: a long term case study. *Archiv für Hydrobiologia*, 136: 217-236.
- 58) Straskraba, M., 1986: Ecotechnological measures against eutrophication. *Limnologica*, 17: 239-249.

- 59) Gulati, R.D., Siewertsen, K. and Postema, G., 1982. The zooplankton: its community structure, food and feeding and role in the ecosystem of Lake Vechten. *Hydrobiologia*, 95: 127-163.
- 60) Shapiro, J., Forsberg, B., Lamarra, B., Lindmark, G., Lynch, M., Smeltzer, E. and Zorro, G., 1982. Experiments and experiences in biomanipulation: studies biological ways to reduce algal abundance and eliminate blue-greens. Interim Report No.19 of the Limnological Research Centre, Univ. of Minnesota, Minneapolis, Minnesota. 251 pp.
- 61) Straskraba, M., 1993. Ecotechnology as a new means for environmental management. *Ecol. Engineering*, 2: 311-331.
- 62) Liwka-Kaszyńska, M.S., Kot-Wasik, A., Namieśnik, J., 2003. Preservation and storage of water samples: Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 33(1): 31-44.
- 63) Chaney, A. and Morbach, E.P., 1962. Modified reagents for the determination of urea and ammonia, *Clin. Chem.*, 8, 130-132.
- 64) Mackereth, F.J.H., Heron, J. and Talling, J. F., 1978. *Water Analysis: Some methods for limnologists*, Freshwater Biological Association Scientific Publication, No: 36.
- 65) Golterman, H.L., Clymo, R.S. and Ohnstad, M.A.M., 1978. *Methods for Physical and Chemical analyses of freshwaters*, 2nd edition Blackwell Scientific Publications, Oxford .
- 66) Sheen, R.T., Kahler, H.L. and Ross, E.M., 1935. Turbidimetric determination of sulphate in water. *Ind. Eng. Chem., Anal. Ed.* 7:262.
- 67) Moss, B., 1967. A note on the estimation of chlorophyll-*a* in freshwater algal communities, *Limnol. Oceanogr.*, 12, 340-342.



- 68) Talling, J. F. and Driver, D., 1961. Some problems in the estimation of chlorophyll-a in phytoplankton, In M. S. Doty, ed. Proceedings of Conference Primary Production Measurements in Marine and Freshwaters, University of Hawaii, U.S. Atomic Energy Commission Publication TID 7633.
- 69) Casamitjana, X., Sera, T., Colomer, J., Baserba, C. and Perez- Losada, J., 2003. Effects of the water withdrawal in the stratification patterns of a reservoir. *Hydrobiologia*, 504: 21-28.
- 70) Gomes, L.C., and Miranda L.E., 2001. Hydrologic and climatic regimes limit phytoplankton biomass in reservoirs of the Upper Paraná River Basin, Brazil. *Hydrobiologia*, 457: 205-214.
- 71) Kimmel, B. L. and Groeger, A.W., 1984. Factors controlling primary production in lakes and reservoirs: A perspective. *Lake and Reservoir Management. Proceedings of the Third Annual Conference* , October 18-20, Knoxville, Tennessee. U.S. EPA, Washington, DC: 277-281.
- 72) González, E.J., Ortaz, M., Penaherrera, C. and Infante A. Physical and chemical features of a tropical hypertrophic reservoir permanently stratified. *Hydrobiologia*, 522: 301-310.
- 73) Albay, M. And Akçaalan, R., 2003. Factors influencing the phytoplankton steady state assemblages in a drinking-water reservoir (Ömerli reservoir, Istanbul). *Hydrobiologia*, 502: 85-95.
- 74) Ford, D.E. and Johnson, M.C., 1983. Assessment of reservoir density currents and inflow processes. Tech. Rept. E-83-7. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, CE, Vicksburg, MS.
- 75) Killi, M., 1999. Contemporary Limnology of Çubuk II Dam Lake.

- 76) Perkins, R.G. and Underwood, G.J.C., 2000. Gradients of chlorophyll *a* and water chemistry along an eutrophic reservoir with determination of the limiting nutrient by in situ nutrient addition. *Water Research*, 34(3): 713-724.
- 77) Hart, B.T., Wendy van Dok, Djuangsih, N., 2002. Nutrient budget for Saguling Reservoir, West Java, Indonesia. *Water Research*, 36: 2152-2160.
- 78) Bouvy, M., Nascimento, S.M., Molica, R.J.R., Ferreira, A., Huszar, V., and Azevedo, S.M.F.O., 2003. Limnological features in Tapacurá reservoir (northeast Brazil) during a severe drought. *Hydrobiologia*, 493: 115-130.
- 79) Jensen, K., Sloth, N.P., Risgaard- Petersen, N., Rysgaard, S. and Revsbech, N.P., 1994. Estimation of nitrification and denitrification from microprofiles of oxygen and nitrate in model sediment systems. *Applied and Environmental Microbiology*, 60: 2094-2100.
- 80) Windolf, J., Jeppesen, E., Jensen, J.P. and Kristensen, P., 1996. Modelling of seasonal variation in nitrogen retention and in lake concentration: A four year mass balance study in 16 shallow Danish lakes. *Biogeochemistry*, 33: 25-44.
- 81) Pettersson, K., Grust, K., Weyhenmeyer, G., and Blenckner, T., 2003. Seasonality of chlorophyll and nutrients in Lake Erken- effects of weather conditions. *Hydrobiologia*, 506-509: 75-81.
- 82) Suttle, C.A., and Harrison, P.J., 1988. Ammonium and phosphate uptake rates, N:P supply ratios, and evidence for N and P limitation in some oligotrophic lakes. *Limnol. Oceanogr.*, 33(2): 186-202.
- 83) Redfield, A.C., 1958. The biological control of chemical factors in the environment. *Am. Sci.*, 46: 205-221

- 84) Smith, V.H., 1983. Low nitrogen to phosphorus ratios favor dominance by blue-green algae in lake phytoplankton. *Science* (Wash., D. C.), 221: 669-671.
- 85) Cooper, C.M. and Bacon, E.J., 1981. Effects of suspended solids on primary productivity in Lake Chicot, Arkansas. Stefan, H.G. ed. *Proceedings of the symposium on surface water impoundments*. Amer. Civil Engr. New York, NY. P: 1357-1367.
- 86) Conley, D.J., 2000. Biogeochemical nutrient cycles and nutrient management strategies. *Hydrobiologia*, 410: 87-96.
- 87) Brierley B. and Harper D., 1999. Ecological principles for management techniques in deeper reservoirs. *Hydrobiologia*, 395-396: 335-353

**Ek- 1:** Örnekleme istasyonlarında, fiziksel ve kimyasal değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları. Korelasyon katsayılarının istatistiksel önemlilikleri  $P < 0,05$  seviyesinde ifade edilerek, (\*) ile gösterilmiştir. (İlet.: İletkenlik ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), TDS (mg/L), Sıca.: Sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ), Oksi.: Oksijen (mg/L), Nitr.: Nitrit-nitrat ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ), Amn.: Amonyum ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ), DIN ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ), Sili.: Silikat (mg/L), Klo a ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ), Alka.: Alkalinite (mg/L), Sülfat (mg/L), Bula.: Bulamıklık (NTU), Tuz.: Tuzluluk (%))

SI-Y	İlet.	PH	TDS	Sıca.	Oksi.	Nitr.	Amn.	DIN	DIN/TP	Sili.	Klo a	Alka.	Sülfat	Bula.	Tuz.
TP	0,181	0,411	0,138	-0,176	0,327	0,627*	-0,136	0,547*	0,073	-0,191	0,602*	0,158	0,425	0,324	0,013
İlet.	1	0,152	0,996*	0,207	-0,009	-0,067	0,158	-0,030	-0,261	0,107	-0,002	0,000	-0,361	0,320	0,909*
PH		1	0,124	0,348	0,316	0,008	-0,338	-0,061	-0,316	-0,431	0,260	-0,271	-0,268	0,016	0,147
TDS			1	0,250	-0,059	-0,123	0,130	-0,086	-0,298	0,109	-0,029	-0,006	-0,369	0,332	0,910*
Sıca.				1	-0,370	-0,740*	-0,451	-0,769*	-0,791*	-0,577*	-0,305	-0,329	-0,297	0,522*	0,228
Oksi.					1	0,592*	0,201	0,582*	0,399	-0,139	0,554*	-0,438	0,014	-0,048	0,126
Nitr.						1	0,327	0,982*	0,756*	0,216	0,673*	0,272	0,405	-0,320	-0,039
Amn.							1	0,501*	0,721*	0,432	-0,004	0,003	-0,200	-0,260	0,221
DIN								1	0,838*	0,285	0,615*	0,251	0,338	-0,350	0,009
DIN/TP									1	0,488*	0,310	0,180	0,147	-0,610*	-0,148
Sili.										1	-0,143	0,468	-0,246	-0,479	-0,018
Klo a											1	-0,119	0,599*	0,031	0,075
Alka.												1	0,139	-0,613*	-0,145
Sülfat													1	0,089	-0,413
Bula.														1	0,196
Tuzlu.															1

Ek- 1: Devami

SI-5	İlet.	PH	TDS	Sıca.	Oksi.	Nitr.	Amn.	DIN	DIN/TP	Sili.	Klo α	Alka.	Sülfat	Bula.	Tuzlu.
TP	0,128	0,483*	0,128	0,099	-0,012	0,129	-0,098	0,089	-0,178	-0,193	0,145	0,051	0,397	0,480	0,193
İlet.	1	0,213	0,997*	0,155	0,092	0,033	-0,026	0,022	-0,002	-0,001	0,371	0,146	-0,098	0,270	0,920*
PH		1	0,203	0,238	0,266	-0,099	-0,513*	-0,191	-0,241	-0,329	-0,022	-0,102	-0,356	0,179	0,188
TDS			1	0,210	0,044	-0,022	-0,056	-0,030	-0,057	0,000	0,320	0,143	-0,124	0,290	0,933
Sıca.				1	-0,513*	-0,816*	-0,556*	-0,807*	-0,831*	-0,345	-0,651*	-0,167	-0,536*	0,528*	0,284
Oksi.					1	0,530*	0,287	0,509*	0,484*	-0,098	0,550*	-0,425	0,112	0,028	0,018
Nitr.						1	0,679*	0,988*	0,921*	0,137	0,731*	0,198	0,789*	-0,436	-0,050
Amn.							1	0,783*	0,824*	0,113	0,515*	-0,084	0,642*	-0,235	-0,029
DIN								1	0,952*	0,139	0,727*	0,150	0,797*	-0,418	-0,049
DIN/TP									1	0,225	0,661*	0,165	0,654*	-0,529*	-0,125
Sili.										1	0,083	0,455	-0,012	-0,626*	-0,112
Klo α											1	0,019	0,526	-0,224	0,305
Alka.												1	0,257	-0,591*	0,006
Sülfat													1	-0,304	-0,082
Bula.														1	0,435
Tuzlu.															1

Ek- 1: Devamı

SII-Y	İlet.	PH	TDS	Sıca.	Oksi.	Nitr.	Amn.	DIN	DIN/TP	Sili.	Klo a	Alka.	Sülfat	Bula.	Tuzlu.
TP	0,236	0,639*	0,225	0,398	-0,406	-0,469*	0,077	-0,427*	-0,513*	0,190	0,523*	0,049	0,125	0,615*	0,260
İlet.	1	0,333	0,997*	0,464*	-0,104	-0,450	-0,183	-0,443	-0,466*	-0,196	0,395	-0,237	0,133	0,472	0,923*
PH		1	0,314	0,559*	-0,226	-0,728*	-0,239	-0,709*	-0,703*	-0,314	0,458*	-0,473*	-0,162	0,547*	0,314
TDS			1	0,478*	-0,134	-0,471*	-0,215	-0,467*	-0,492*	-0,191	0,411	-0,248	0,122	0,478	0,934*
Sıca.				1	-0,535*	-0,847*	-0,413	-0,843*	-0,893*	-0,445	0,395	-0,657*	-0,208	0,510	0,574*
Oksi.					1	0,613*	0,480*	0,637*	0,711*	-0,082	-0,199	-0,072	0,138	0,035	-0,228
Nitr.						1	0,464*	0,992*	0,965*	0,139	-0,559*	0,396	0,400	-0,516*	-0,604*
Amn.							1	0,572*	0,552*	-0,096	-0,271	0,419	0,255	-0,368	-0,263
DIN								1	0,972*	0,115	-0,556*	0,410	0,397	-0,516*	-0,597*
DIN/TP									1	0,121	-0,530*	0,392	0,300	-0,490	-0,616*
Sili.										1	0,104	0,635*	0,033	-0,108	-0,212
Klo a											1	-0,202	-0,267	0,749*	0,478*
Alka.												1	0,207	-0,485	-0,289
Sülfat													1	-0,180	-0,030
Bula.														1	0,547*
Tuzlu.															1

Ek- 1: Devamı

SII-5	İlet.	PH	TDS	Sıca.	Oksi.	Nitr.	Amn.	DIN	DIN/TP	Sili.	Klo a	Alka.	Sülfat	Bula.	Tuzlu.
TP	0,175	0,709*	0,184	0,396	-0,265	-0,525*	-0,559*	-0,380	-0,524*	0,137	0,680*	-0,120	0,006	0,657*	0,146
İlet.	1	0,174	0,998*	0,407	-0,226	-0,083	-0,131	-0,098	-0,220	-0,044	0,306	-0,084	0,201	0,422	0,961*
PH		1	0,176	0,361	-0,140	-0,553*	-0,603*	-0,584*	-0,736*	-0,107	0,420	-0,173	-0,311	0,477	0,126
TDS			1	0,435	-0,260	-0,076	-0,143	-0,116	-0,238	-0,041	0,317	-0,106	0,191	0,439	0,958*
Sıca.				1	-0,720*	-0,708*	-0,740*	-0,794*	-0,799*	-0,282	0,399	-0,503*	-0,155	0,439	0,340
Oksi.					1	0,507*	0,446	0,519*	0,463*	-0,073	-0,361	-0,047	0,143	-0,118	-0,125
Nitr.						1	0,686*	0,993*	0,932*	0,028	-0,392	0,298	0,674*	-0,230	-0,092
Amn.							1	0,767*	0,796*	0,054	-0,611*	0,301	0,367	-0,387	-0,047
DIN								1	0,951*	0,033	-0,444	0,312	0,662*	-0,265	-0,089
DIN/TP									1	0,096	-0,477*	0,324	0,548*	-0,358	-0,221
Sili.										1	0,435	0,474*	-0,313	0,038	-0,061
Klo a											1	0,046	-0,116	0,692*	0,245
Alka.												1	0,005	-0,466	-0,129
Sülfat													1	0,010	0,144
Bula.														1	0,451
Tuzlu.															1

Ek- 1: Devamı

SİL-10	İlet.	PH	TDS	Sıca.	Oksi.	Nitr.	Amn.	DİN	DİN/TP	SİLİ.	Klo a	Alka.	Sülfat	Bula.	Tuzlu.
TP	0,172	0,560*	0,179	0,538*	-0,066	-0,525*	-0,289	-0,480*	-0,573*	-0,243	0,064	-0,397	-0,204	0,789*	0,182
İlet.	1	-0,012	0,999*	0,395	-0,350	0,083	0,329	0,166	0,105	-0,006	0,321	0,039	0,469	0,231	0,975*
PH		1	-0,022	0,067	0,361	-0,300	-0,505*	-0,383	-0,470*	-0,160	0,452	-0,081	-0,186	0,445	-0,004
TDS			1	0,412	-0,373	0,076	0,339	0,165	0,105	-0,001	0,300	0,028	0,475	0,238	0,976*
Sıca.				1	-0,688*	-0,708*	-0,271	-0,611*	-0,598*	-0,188	-0,273	-0,218	-0,195	0,482	0,318
Oksi.					1	0,231	-0,191	0,110	0,059	-0,120	0,539*	-0,192	-0,205	0,126	-0,278
Nitr.						1	0,741*	0,977*	0,954*	0,090	0,152	0,166	0,715*	-0,479	0,144
Amn.							1	0,868*	0,850*	0,037	-0,294	-0,042	0,743*	-0,282	0,378
DİN								1	0,977*	0,079	0,018	0,109	0,764*	-0,445	0,227
DİN/TP									1	0,118	-0,028	0,079	0,740*	-0,461	0,150
SİLİ.										1	0,109	0,531*	0,145	-0,444	-0,054
Klo a											1	0,076	0,130	0,126	0,308
Alka.												1	0,118	-0,764*	-0,036
Sülfat													1	-0,231	0,539*
Bula.														1	0,303
Tuzlu.															1



Ek- 1: Devamı

SIII-Y	İlet.	PH	TDS	Sıca.	Oksi.	Nitr.	Amn.	DIN	DIN/TP	Sili.	Klo a	Alka.	Sülfat	Bula.	Tuzlu.
TP	0,178	0,708*	0,168	0,347	-0,278	-0,537*	-0,370	-0,551*	-0,608*	0,057	0,375	0,078	0,274	0,530*	0,154
İlet.	1	0,352	0,995*	0,561*	-0,391	-0,549*	-0,233	-0,543*	-0,537*	-0,130	0,080	-0,330	-0,135	0,259	0,954*
PH		1	0,335	0,623*	-0,154	-0,736*	-0,456*	-0,749*	-0,760*	-0,534*	0,286	-0,635*	-0,171	0,713*	0,321
TDS			1	0,566*	-0,425	-0,564*	-0,269	-0,562*	-0,550*	-0,111	0,076	-0,309	-0,076	0,266	0,952*
Sıca.				1	-0,530*	-0,776*	-0,546*	-0,798*	-0,808*	-0,628*	0,076	-0,738*	-0,030	0,521*	0,589*
Oksi.					1	0,553*	0,406	0,570*	0,584*	0,069	-0,032	0,025	-0,486	-0,168	-0,428
Nitr.						1	0,447	0,992*	0,981*	0,242	-0,229	0,336	0,022	-0,505	-0,601*
Amn.							1	0,555*	0,559*	0,134	-0,036	0,340	-0,410	-0,354	-0,317
DIN								1	0,990*	0,244	-0,218	0,358	-0,038	-0,519*	-0,603*
DIN/TP									1	0,263	-0,273	0,351	-0,034	-0,563*	-0,606*
Sil.										1	0,166	0,668*	0,366	-0,148	-0,177
Klo a											1	-0,021	-0,142	0,846*	0,075
Alka.												1	0,427	-0,431	-0,326
Sülfat													1	-0,164	-0,079
Bula.														1	0,276
Tuzlu.															1

Ek- 1: Devamı

SIU-5	İlet.	PH	TDS	Sıca.	Oksi.	Nitr.	Amn.	DIN	DIN/TP	Sili.	Klo a	Alka.	Sülfat	Bula.	Tuzlu.
TP	0,106	0,171	0,100	0,329	-0,226	-0,270	-0,155	-0,266	-0,349	-0,477*	-0,063	0,009	-0,225	0,539*	0,119
İlet.	1	0,230	0,999*	0,564*	-0,463*	-0,667*	-0,239	-0,635*	-0,502*	-0,116	0,388	-0,206	0,132	0,297	0,958*
PH		1	0,237	0,452*	-0,147	-0,547*	-0,691*	-0,601*	-0,686*	-0,244	0,481*	-0,399	-0,001	0,464	0,168
TDS			1	0,581*	-0,475*	-0,679*	-0,252	-0,648*	-0,509*	-0,116	0,397	-0,224	0,138	0,308	0,962*
Sıca.				1	-0,687*	-0,839*	-0,661*	-0,857*	-0,743*	-0,495*	0,429	-0,605*	0,024	0,594*	0,565*
Oksi.					1	0,727*	0,348	0,705*	0,478*	0,031	-0,332	-0,060	-0,275	-0,109	-0,430
Nitr.						1	0,609*	0,992*	0,887*	0,166	-0,525*	0,268	0,049	-0,542*	-0,647*
Amn.							1	0,707*	0,749*	0,266	-0,253	0,409	-0,034	-0,306	-0,324
DIN								1	0,914*	0,191	-0,510*	0,306	0,039	-0,536*	-0,630*
DIN/TP									1	0,271	-0,456*	0,273	0,213	-0,567*	-0,533*
Sili.										1	0,168	0,572*	0,296	-0,422	-0,170
Klo a											1	-0,067	-0,063	0,724*	0,383
Alka.												1	0,155	-0,491	-0,256
Sülfat													1	-0,461	0,132
Bula.														1	0,339
Tuzlu.															1

Ek- 1: Devamı

SIİİ-10	İlet.	PH	TDS	Sıca.	Oksi.	Nitr.	Amn.	DIN	DIN/TP	Sili.	Klo a	Alka.	Sülfat	Bula.	Tuzlu.
TP	0,033	0,385	0,021	0,274	-0,309	-0,126	0,157	-0,050	-0,431	-0,444	-0,218	0,209	0,174	0,221	0,060
İlet.	1	0,088	0,999*	0,599*	-0,576*	-0,754*	-0,120	-0,714*	-0,514*	-0,164	-0,140	-0,079	-0,326	0,500	0,961*
PH		1	0,076	0,259	-0,152	-0,140	0,195	-0,047	-0,408	-0,113	-0,282	0,161	-0,269	0,019	0,067
TDS			1	0,614*	-0,584*	-0,765*	-0,130	-0,727*	-0,524*	-0,160	-0,156	-0,088	-0,318	0,504	0,962*
Sıca.				1	-0,882*	-0,858*	0,026	-0,748*	-0,763*	-0,390	-0,539*	-0,114	-0,159	0,514	0,594*
Oksi.					1	0,839*	-0,022	0,733*	0,693*	0,283	0,257	-0,237	-0,009	-0,310	-0,549*
Nitr.						1	0,091	0,920*	0,801*	0,156	0,211	-0,014	0,343	-0,354	-0,702*
Amn.							1	0,474*	0,297	-0,314	-0,308	-0,193	-0,017	-0,198	-0,104
DIN								1	0,825*	0,015	0,066	-0,085	0,300	-0,367	-0,662*
DIN/TP									1	0,203	0,235	-0,182	0,314	-0,344	-0,513*
Sili.										1	0,506*	0,392	0,370	-0,270	-0,250
Klo a											1	0,450	-0,105	-0,286	-0,175
Alka.												1	0,314	-0,400	-0,107
Sülfat													1	-0,175	-0,273
Bula.														1	0,501
Tuzlu.															1

Ek- 1: Devamı

SIII-15	İlet.	PH	TDS	Sıca.	Oksi.	Nitr.	Amn.	DIN	DIN/TP	Sili.	Klo a	Alka.	Sülfat	Bula.	Tuzlu.
TP	0,045	-0,251	0,048	0,262	-0,250	-0,239	0,198	-0,072	-0,264	-0,068	-0,158	0,350	-0,225	-0,164	0,086
İlet.	1	0,033	0,998*	0,514*	-0,543*	-0,541*	0,077	-0,337	-0,158	-0,144	0,011	0,006	-0,353	0,425	0,948*
PH		1	0,029	-0,052	0,186	-0,035	-0,504*	-0,256	-0,132	0,049	0,265	0,112	0,136	0,075	0,020
TDS			1	0,545*	-0,572*	-0,555*	0,066	-0,348	-0,161	-0,152	-0,032	-0,012	-0,365	0,441	0,954*
Sıca.				1	-0,812*	-0,806*	-0,134	-0,611*	-0,523*	-0,390	-0,631*	0,101	-0,361	0,634*	0,595*
Oksi.					1	0,530*	-0,327	0,211	0,225	0,492*	0,608*	0,158	0,358	-0,346	-0,615*
Nitr.						1	0,519*	0,920*	0,779*	0,181	0,175	-0,375	0,564*	-0,587*	-0,590*
Amn.							1	0,813*	0,566*	-0,344	-0,200	-0,422	0,218	-0,309	0,058
DIN								1	0,791*	-0,034	0,028	-0,441	0,476	-0,528*	-0,376
DIN/TP									1	0,169	0,088	-0,462	0,391	-0,416	-0,299
Sili.										1	0,263	0,379	0,436	-0,399	-0,243
Klo a											1	0,053	-0,113	-0,152	-0,147
Alka.												1	0,189	-0,260	-0,035
Sülfat													1	-0,347	-0,453
Bula.														1	0,444
Tuzlu.															1

Ek- 1: Devami

SIV-Y	İlet.	PH	TDS	Sica.	Oksi.	Nitr.	Amn.	DIN	DIN/TP	Sili.	Klo a	Alka.	Sülfat	Bula.	Tuzlu.
TP	0,067	0,485*	0,045	0,363	-0,275	-0,427	-0,507*	-0,471*	-0,485*	-0,145	0,209	0,095	0,535*	0,225	0,032
İlet.	1	0,309	0,998*	0,565*	-0,559*	-0,641*	-0,070	-0,591*	-0,572*	-0,311	0,109	-0,276	0,051	0,346	0,948*
PH		1	0,302	0,678*	-0,347	-0,646*	-0,653*	-0,690*	-0,668*	-0,578*	0,127	-0,625*	-0,259	0,506	0,251
TDS			1	0,577*	-0,572*	-0,648*	-0,086	-0,600*	-0,578*	-0,302	0,126	-0,288	0,050	0,350	0,951*
Sica.				1	-0,641*	-0,826*	-0,641*	-0,851*	-0,814*	-0,588*	0,174	-0,638*	-0,129	0,482	0,589*
Oksi.					1	0,750*	0,244	0,717*	0,693*	0,072	-0,330	0,091	-0,328	-0,247	-0,491*
Nitr.						1	0,531*	0,990*	0,988*	0,347	-0,385	0,253	-0,220	-0,385	-0,582*
Amn.							1	0,643*	0,616*	0,202	-0,283	0,467	0,106	-0,398	-0,235
DIN								1	0,993*	0,347	-0,394	0,304	-0,186	-0,416	-0,565*
DIN/TP									1	0,334	-0,421	0,247	-0,251	-0,402	-0,533*
Sili.										1	0,350	0,541*	0,633*	-0,386	-0,316
Klo a											1	0,143	0,450	0,349	0,082
Alka.												1	0,473	-0,459	-0,345
Sülfat													1	-0,447	-0,062
Bula.														1	0,402
Tuzlu.															1

Ek- 1: Devamı

SIV-5	İlet.	PH	TDS	Sıca.	Oksi.	Nitr.	Amn.	DIN	DIN/TP	Sili.	Klo a	Alka.	Sülfat	Bula.	Tuzlu.
TP	0,130	0,560*	0,129	0,545*	-0,240	-0,582*	-0,359	-0,590*	-0,636*	-0,282	0,082	-0,096	0,367	0,084	0,131
İlet.	1	0,212	0,998*	0,548*	-0,532*	-0,650*	-0,130	-0,612*	-0,517*	-0,147	0,414	-0,253	0,062	0,256	0,954*
PH		1	0,219	0,524*	-0,164	-0,448	-0,604*	-0,504*	-0,532*	-0,439	0,091	-0,532*	-0,058	0,304	0,215
TDS			1	0,570*	-0,555*	-0,665*	-0,141	-0,627*	-0,531*	-0,147	0,431	-0,271	0,055	0,265	0,959*
Sıca.				1	-0,699*	-0,900*	-0,535*	-0,903*	-0,854*	-0,542*	0,587*	-0,491*	-0,180	0,566*	0,552*
Oksi.					1	0,799*	0,254	0,767*	0,673*	-0,007	-0,562*	-0,049	-0,189	-0,087	-0,448*
Nitr.						1	0,512*	0,991*	0,949*	0,329	-0,617*	0,160	-0,102	-0,354	-0,621*
Amn.							1	0,624*	0,597*	0,228	-0,473*	0,163	0,061	-0,281	-0,148
DIN								1	0,958*	0,335	-0,636*	0,171	-0,085	-0,369	-0,588*
DIN/TP									1	0,363	-0,606*	0,185	-0,078	-0,353	-0,488*
Sili.										1	-0,029	0,488*	0,772*	-0,650*	-0,194
Klo a											1	-0,155	-0,020	0,360	0,330
Alka.												1	0,420	-0,750*	-0,326
Sülfat													1	-0,506	0,040
Bula.														1	0,270
Tuzlu.															1

Ek- 1: Devamı

SIV-10	İlet.	PH	TDS	Sıca.	Oksi.	Nitr.	Amn.	DIN	DIN/TP	Sili.	Klo a	Alka.	Sülfat	Bula.	Tuzlu.
TP	0,048	0,513*	0,045	0,336	-0,340	-0,233	-0,241	-0,291	-0,561*	-0,357	0,104	0,100	0,466	0,044	0,100
İlet.	1	-0,139	0,998*	0,554*	-0,569*	-0,724*	0,142	-0,619*	-0,352	-0,136	-0,019	-0,099	-0,189	0,528*	0,963*
PH		1	-0,133	-0,110	0,261	0,263	-0,011	0,238	-0,141	-0,213	-0,023	-0,455	0,210	-0,007	-0,109
TDS			1	0,587*	-0,588*	-0,743*	0,127	-0,641*	-0,374	-0,144	-0,032	-0,119	-0,169	0,533*	0,966*
Sıca.				1	-0,933*	-0,802*	-0,157	-0,785*	-0,722*	-0,407	-0,144	-0,108	0,096	0,421	0,590*
Oksi.					1	0,830*	0,208	0,828*	0,632*	0,275	0,002	-0,165	-0,147	-0,325	-0,568*
Nitr.						1	0,096	0,948*	0,636*	0,200	-0,085	-0,108	0,003	-0,265	-0,675*
Amn.							1	0,407	0,411	0,087	-0,513*	-0,428	-0,376	0,112	0,051
DIN								1	0,715*	0,211	-0,241	-0,239	-0,122	-0,204	-0,603*
DIN/TP									1	0,476*	-0,048	0,013	-0,002	-0,252	-0,405
Sili.										1	0,455	0,298	0,468	-0,376	-0,190
Klo a											1	0,361	0,559*	-0,191	-0,086
Alka.												1	0,258	-0,611*	-0,107
Sülfat													1	-0,423	-0,151
Bula.														1	0,570*
Tuzlu.															1

**Ek- 1: Devami**

SIV-15	İlet.	PH	TDS	Sıca.	Oksi.	Nitr.	Amn.	DIN	DIN/TP	Sili.	Klo a	Alka.	Sülfat	Bula.	Tuzlu.
TP	-0,060	0,303	-0,077	0,189	-0,266	-0,208	-0,413	-0,561*	-0,628*	-0,427	0,403	0,133	0,173	-0,366	0,007
İlet.	1	0,214	0,999*	0,589*	-0,581*	-0,596*	-0,291	-0,664*	-0,547*	-0,283	0,161	-0,237	0,098	0,089	0,964*
PH		1	-0,215	-0,411	-0,444*	-0,489	-0,151	-0,450	-0,394	-0,572*	0,109	-0,433	-0,420	0,317	0,164
TDS			1	0,543*	-0,593*	-0,600*	-0,286	-0,672*	-0,555*	-0,282	0,182	-0,258	0,102	0,106	0,965*
Sıca.				1	-0,927*	-0,795*	-0,612*	-0,859*	-0,759*	-0,671*	0,258	-0,520*	-0,007	0,286	0,562*
Oksi.					1	0,748*	0,379	0,716*	0,686*	0,003	-0,417	-0,043	-0,476	0,117	-0,477*
Nitr.						1	0,489*	0,990*	0,977*	0,362	-0,483*	0,077	-0,185	0,150	-0,595*
Amn.							1	0,609*	0,462*	0,314	-0,381	0,267	-0,333	-0,340	-0,433
DIN								1	0,964*	0,381	-0,502*	0,115	-0,225	0,080	-0,612*
DIN/TP									1	0,307	-0,512*	-0,013	-0,196	0,228	-0,478*
Sili.										1	0,111	0,620*	0,666*	-0,468	-0,280
Klo a											1	0,105	0,256	-0,015	0,100
Alka.												1	0,498	-0,784*	-0,269
Sülfat													1	-0,294	0,114
Bula.														1	0,103
Tuzlu.															1



**Ek- 1: Devamı**

SV-Y	İlet.	PH	TDS	Sıca.	Oksi.	Nitr.	Amn.	DIN	DIN/TP	Sil.	Klo a	Alka.	Sülfat	Bula.	Tuzlu.
TP	0,037	0,356	0,033	0,442	-0,280	-0,562*	-0,308	-0,561*	-0,628*	-0,427	0,403	0,133	0,173	-0,366	0,007
İlet.	1	0,200	0,998*	0,589*	-0,559*	-0,652*	-0,435	-0,664*	-0,547*	-0,283	0,161	-0,237	0,098	0,089	0,964*
PH		1	0,188	0,499*	-0,030	-0,434	-0,336	-0,450	-0,394	-0,572*	0,109	-0,433	-0,420	0,317	0,164
TDS			1	0,606*	-0,579*	-0,659*	-0,445	-0,672*	-0,555*	-0,282	0,182	-0,258	0,102	0,106	0,965*
Sıca.				1	-0,594*	-0,833*	-0,612*	-0,859*	-0,759*	-0,671*	0,258	-0,520*	-0,007	0,286	0,562*
Oksi.					1	0,719*	0,379	0,716*	0,686*	0,003	-0,417	-0,043	-0,476	0,117	-0,477*
Nitr.						1	0,489*	0,990*	0,977*	0,362	-0,483*	0,077	-0,185	0,150	-0,595*
Amn.							1	0,609*	0,462*	0,314	-0,381	0,267	-0,333	-0,340	-0,433
DIN								1	0,964*	0,381	-0,502*	0,115	-0,225	0,080	-0,612*
DIN/TP									1	0,307	-0,512*	-0,013	-0,196	0,228	-0,478*
Sil.										1	0,111	0,620*	0,666*	-0,468	-0,280
Klo a											1	0,105	0,256	-0,015	0,100
Alka.												1	0,498	-0,784*	-0,269
Sülfat													1	-0,294	0,114
Bula.														1	0,103
Tuzlu.															1

**Ek- 1: Devamı**

SV-5	İlet.	PH	TDS	Sıca.	Oksi.	Nitr.	Amn.	DIN	DIN/TP	Sili.	Klo a	Alka.	Sülfat	Bula.	Tuzlu.
TP	0,132	0,257	0,144	0,326	-0,347	-0,477*	-0,351	-0,529*	-0,658*	-0,029	0,670*	0,275	0,273	-0,083	0,133
İlet.	1	0,136	0,998*	0,565*	-0,402	-0,662*	0,205	-0,574*	-0,411	-0,188	0,330	-0,187	0,119	0,355	0,945*
PH		1	0,148	0,306	0,326	-0,182	-0,264	-0,232	-0,140	-0,419	0,306	-0,359	-0,163	0,483	0,132
TDS			1	0,591*	-0,414	-0,672*	0,170	-0,591*	-0,426	-0,196	0,347	-0,220	0,122	0,380	0,949*
Sıca.				1	-0,660*	-0,829*	-0,266	-0,839*	-0,640*	-0,600*	0,547*	-0,356	0,237	0,478	0,581*
Oksi.					1	0,696*	-0,033	0,646*	0,596*	0,064	-0,337	-0,105	-0,452	0,035	-0,372
Nitr.						1	0,154	0,974*	0,901*	0,367	-0,602*	-0,037	-0,315	-0,220	-0,617*
Amn.							1	0,375	0,324	0,276	-0,403	0,101	-0,100	-0,171	0,096
DIN								1	0,920*	0,408	-0,657*	-0,011	-0,321	-0,251	-0,556*
DIN/TP									1	0,241	-0,573*	-0,162	-0,219	-0,140	-0,371
Sili.										1	-0,211	0,404	0,595*	-0,557*	-0,214
Klo a											1	0,045	0,285	0,396	0,314
Alka.												1	0,356	-0,778*	-0,154
Sülfat													1	-0,378	0,141
Bula.														1	0,258
Tuzlu.															1

Ek- 1: Devamı

SV-10	İlet.	PH	TDS	Sıca.	Oksi.	Nitr.	Amn.	DIN	DIN/TP	Sili.	Klo a	Alka.	Sülfat	Bula.	Tuzlu.
TP	0,011	0,104	-0,002	0,262	-0,265	-0,255	0,470*	-0,049	-0,440	-0,317	-0,111	0,215	-0,096	-0,012	0,059
İlet.	1	-0,092	0,998*	0,603*	-0,519*	-0,743*	-0,193	-0,700*	-0,499*	-0,163	0,278	-0,135	-0,073	0,258	0,955*
PH		1	-0,085	-0,219	0,486*	0,315	-0,109	0,228	0,118	0,216	-0,268	-0,454	-0,362	0,109	-0,077
TDS			1	0,630*	-0,530*	-0,754*	-0,211	-0,716*	-0,508*	-0,164	0,269	-0,156	-0,066	0,268	0,959*
Sıca.				1	-0,855*	-0,885*	-0,163	-0,811*	-0,744*	-0,461*	0,124	-0,160	0,036	0,272	0,621*
Oksi.					1	0,813*	0,014	0,696*	0,633*	0,409	-0,116	-0,148	-0,284	-0,054	-0,511*
Nitr.						1	0,247	0,938*	0,855*	0,320	-0,409	-0,038	0,050	-0,140	-0,694*
Amn.							1	0,567*	0,346	-0,051	-0,440	0,004	0,251	-0,143	-0,234
DIN								1	0,850*	0,254	-0,505*	-0,031	0,113	-0,160	-0,673*
DIN/TP									1	0,339	-0,415	-0,140	0,215	-0,196	-0,526*
Sili.										1	0,193	0,396	0,675*	-0,533*	-0,164
Klo a											1	0,583*	0,025	-0,310	0,220
Alka.												1	0,338	-0,583*	-0,099
Sülfat													1	-0,554*	-0,052
Bula.														1	0,291
Tuzlu.															1

Ek- 1: Devamı

SV-15	İlet.	PH	TDS	Sica.	Oksi.	Nitr.	Amn.	DIN	DIN/TP	Sili.	Klo a	Alka.	Sülfat	Bula.	Tuzlu.
TP	-0,122	-0,104	-0,127	0,248	-0,309	-0,111	0,027	-0,065	-0,644*	-0,350	-0,038	0,490*	0,049	-0,379	-0,049
İlet.	1	-0,226	0,998*	0,543*	-0,566*	-0,484*	0,280	-0,190	0,074	-0,155	0,037	-0,073	0,002	0,508	0,959*
PH		1	-0,223	-0,400	0,520*	0,396	-0,134	0,211	0,009	0,526*	-0,083	-0,288	0,008	-0,330	-0,192
TDS			1	0,577*	-0,590*	-0,489*	0,283	-0,193	0,069	-0,170	-0,011	-0,095	-0,011	0,516*	0,964*
Sica.				1	-0,935*	-0,758*	0,051	-0,521*	-0,438	-0,370	-0,368	0,184	-0,068	0,441	0,602*
Oksi.					1	0,682*	-0,174	0,395	0,355	0,470*	0,321	-0,247	0,042	-0,510	-0,584*
Nitr.						1	0,178	0,827*	0,543*	0,176	-0,054	-0,385	0,035	-0,301	-0,453
Amn.							1	0,701*	0,369	-0,275	-0,357	-0,560*	-0,067	0,197	0,313
DIN								1	0,605*	-0,029	-0,244	-0,569*	-0,009	-0,117	-0,150
DIN/TP									1	0,188	-0,159	-0,489*	0,140	0,000	0,022
Sili.										1	0,094	0,245	0,819*	-0,513	-0,190
Klo a											1	0,331	0,213	-0,188	-0,057
Alka.												1	0,563*	-0,444	-0,108
Sülfat													1	-0,459	-0,005
Bula.														1	0,513
Tuzlu.															1