

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**POYRAZLAR, KÜÇÜK AKGÖL VE TAŞKISI  
GÖLLERİ'NİN SU KALİTESİNİN  
KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mehmet ERDOĞAN**

**Enstitü Anabilim Dalı : BİYOLOJİ**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Tuğba ONGUN SEVİNDİK**

**Aralık, 2017**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

POYRAZLAR, KÜÇÜK AKGÖL VE TAŞKISI  
GÖLLERİ'NİN SU KALİTESİNİN  
KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

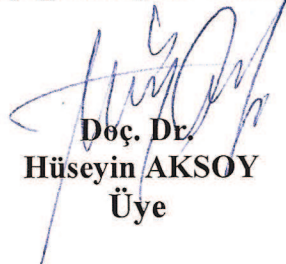
Mehmet ERDOĞAN

Enstitü Anabilim Dalı : BİYOLOJİ

Bu tez 29/12/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.



Doç. Dr.  
Cüneyt Nadir SOLAK  
Jüri Başkanı



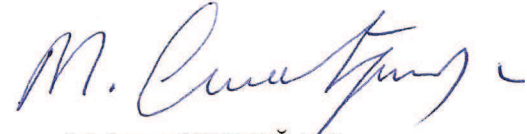
Doç. Dr.  
Hüseyin AKSOY  
Üye



Doç. Dr.  
Tuğba ONGUN SEVİNDİK  
Üye

## BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.



Mehmet ERDOĞAN

14.12.2017

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitiminin boyunca bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Doç. Dr. Tuğba ONGUN SEVİNDİK'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışmayı maddi ve manevi açıdan destekleyen pek kıymetli babam Hakkı ERDOĞAN'a, arazi çalışmalarım sırasında yardımlarda bulunan Ahmet DOĞANER, Akif ERDOĞAN, Enes ERDOĞAN, İsmail ERDOĞAN, Ahmet ERDOĞAN, Utku ŞİMŐEK ve Burak KARAGÖZ'e teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vi
TABLolar LİSTESİ .....	vii
ÖZET .....	viii
SUMMARY .....	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2.	
MATERYAL VE YÖNTEM .....	4
2.1. Araştırma Alanlarını Tanımı ve Örnek Alma İstasyonları.....	4
2.1.1. Poyrazlar Gölü .....	4
2.1.2. Küçük Akgöl Gölü .....	6
2.1.3. Taşkısı Gölü .....	7
2.2. Fiziksel ve Kimyasal Parametreler.....	8
2.2.1. Su sıcaklığı, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş madde, pH, çözünmüş oksijen ve suyun ışık geçirgenliği.....	8
2.2.2. Kimyasal analizler.....	9
2.2.2.1. Nitrat azotu (NO <sub>3</sub> -N) analizi.....	9
2.2.2.2. Nitrit azotu (NO <sub>2</sub> -N) analizi .....	9
2.2.2.3. Ortofosfat (PO <sub>4</sub> -P) analizi.....	10
2.2.2.4. Toplam fosfor (TP) analizi .....	10
2.2.2.5. Silika (SiO <sub>2</sub> ) analizi .....	11

2.3. Klorofil- <i>a</i> (Chl- <i>a</i> ) Analizi .....	11
2.4. Carlson Trofik Durum İndeksi .....	13
2.5. Verilerin Analizi.....	14

### BÖLÜM 3.

BULGULAR.....	14
3.1. Sıcaklık.....	14
3.2. Elektriksel İletkenlik .....	15
3.3. Toplam Çözünmüş Madde .....	16
3.4. Ph.....	17
3.5. Çözünmüş Oksijen Miktarı .....	18
3.6. Secchi Diski.....	19
3.7. Nitrat Azotu (NO <sub>3</sub> -N) .....	20
3.8. Nitrit Azotu (NO <sub>2</sub> -N) .....	21
3.9. Ortofosfat (PO <sub>4</sub> -P).....	22
3.10. Toplam Fosfor (TP).....	23
3.11. Silika (SiO <sub>2</sub> ) .....	24
3.12. Klorofil- <i>a</i> (Chl- <i>a</i> ) .....	25
3.13. Carlson Trofik Durum İndeksi (TSI) .....	26
3.14. Temel Bileşen Analizi (PCA) .....	26

### BÖLÜM 4.

TARTIŞMA VE SONUÇ .....	28
KAYNAKÇA.....	34
ÖZGEÇMİŞ .....	37

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

$\mu\text{g}$	: Mikrogram
$\mu\text{S}$	: Mikrosimens
%	: Yüzde miktarı
$^{\circ}\text{C}$	: Santigrad Derece
ANOVA	: Tek yönlü varyans analizi
BM	: Birleşmiş Milletler
$\text{CO}_2$	: Karbondioksit
cm	: Santimetre
dk	: Dakika
DSİ	: Devlet Su İşleri
EPA	: Çevre Koruma Ajansı
g	: Gram
$\text{H}_2\text{SO}_4$	: Sülfürik asit
km	: Kilometre
$\text{km}^2$	: Kilometrekare
$\text{km}^3$	: Kilometreküp
$\text{KNO}_3$	: Potasyum nitrat
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	: Potasyum dihidrojen fosfat
L	: Litre
m	: Metre
$\text{m}^2$	: Metrekare
$\text{m}^3$	: Metreküp
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
mg	: Miligram
nm	: Nanometre

NaNO <sub>2</sub>	: Sodyum nitrit
Na <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub>	: Sodyum fluosilikat
NO <sub>3</sub> -N	: Nitrat azotu
NO <sub>2</sub> -N	: Nitrit azotu
O <sub>2</sub>	: Oksijen gazı
PCA	: Temel bileşen analizi
pH	: Çözeltilerin asitlik veya bazlık derecesi
ppt	: Tuzluluk birimi
PO <sub>4</sub> -P	: Ortofosfat
SO <sub>4</sub>	: Sülfat
SiO <sub>2</sub>	: Silika
TDS	: Toplam Çözünmüş Madde
TP	: Toplam Fosfor
TSI	: Carlson trofik durum indeksi
WHO	: World Health Organization
WWAP	: World Water Assessment Program



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Poyrazlar Göl haritası ve örnek alma istasyonları.....	6
Şekil 2.2.	Küçük Akgöl Göl haritası ve örnek alma istasyonları.....	7
Şekil 2.3.	Taşkısı Göl haritası ve örnek alma istasyonları.....	8
Şekil 3.1.	Üç gölde sıcaklığın aylara göre değişimi .....	15
Şekil 3.2.	Üç gölde elektriksel iletkenlik değerlerinin aylara göre değişimi...	16
Şekil 3.3.	Üç gölde toplam çözünmüş madde değerlerinin aylara göre değişimi .....	17
Şekil 3.4.	Üç gölde pH değerlerinin aylara göre değişimi .....	18
Şekil 3.5.	Üç gölde çözünmüş oksijen miktarının aylara göre değişimi... ..	19
Şekil 3.6.	Üç gölde Secchi diski değerlerinin aylara göre değişimi .....	20
Şekil 3.7.	Üç gölde nitrat azotu konsantrasyonunun aylara göre değişimi .....	21
Şekil 3.8.	Üç gölde nitrit azotu konsantrasyonunun aylara göre değişimi .....	22
Şekil 3.9.	Üç gölde ortofosfat konsantrasyonunun aylara göre değişimi .....	23
Şekil 3.10.	Üç gölde toplam fosfor konsantrasyonunun aylara göre değişimi .....	24
Şekil 3.11.	Üç gölde silika konsantrasyonunun aylara göre değişimi .....	25
Şekil 3.12.	Üç gölde klorofil- <i>a</i> konsantrasyonunun aylara göre değişimi .....	26
Şekil 3.13.	Çevresel Değişkenlere Uygulanan Temel Bileşen Analizi (PCA) ..	27

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Carlson'un trofik durum indeksi ve göllerin sınıflandırılması.....	12
Tablo 3.1. Su kalite parametrelerinin ortalama değerleri.....	14

## ÖZET

Anahtar sözcükler: Carlson Trofik Durum İndeksi, Küçük Akgöl Gölü, Poyrazlar Gölü, Su kalitesi, Taşkısı Gölü

Poyrazlar, Küçük Akgöl ve Taşkısı göllerinin su kalitesini belirlemek ve birbirleri ile karşılaştırmak için Mayıs 2015-Nisan 2016 tarihleri arasında her üç gölde belirlenen toplam 5 istasyondan aylık periyotlarda arazi çalışması yapılmıştır. Su sıcaklığı, elektriksel iletkenlik (Eİ), toplam çözünmüş madde (TDS), pH ve çözünmüş oksijen konsantrasyonu YSI pro plus su kalitesi ölçüm sondası kullanılarak, suyun ışık geçirgenliği, Secchi diski kullanılarak aylık olarak ölçülmüştür. Nitrat azotu (NO<sub>3</sub>-N), nitrit azotu (NO<sub>2</sub>-N), ortofosfat (PO<sub>4</sub>-P), toplam fosfor (TP), silika (SiO<sub>2</sub>) ve klorofil-*a* (Chl-*a*) aylık olarak alınan su örneklerinin laboratuvarında standart metodlara göre analiz edilmesi ile belirlenmiştir.

Poyrazlar Gölü'nde ölçülen parametrelerin ortalaması şu şekildedir: su sıcaklığı 18.79 °C, Eİ 168.75 µS cm<sup>-1</sup>, TDS 125.39 mg L<sup>-1</sup>, pH 8.25, çözünmüş oksijen miktarı 3.37 mg L<sup>-1</sup>, Secchi diski derinliği 176 cm, NO<sub>3</sub>-N 0.09 mg L<sup>-1</sup>, NO<sub>2</sub>-N 0.005 mg L<sup>-1</sup>, PO<sub>4</sub>-P 0.01 mg L<sup>-1</sup> TP 0.06 mg L<sup>-1</sup>, SiO<sub>2</sub> 7.30 mg L<sup>-1</sup> ve Chl-*a* 0.007 mg L<sup>-1</sup>. Küçük Akgöl Gölü'nde ölçülen parametrelerin ortalaması şu şekildedir: su sıcaklığı 18.65°C, elektriksel iletkenlik 352.73 µS cm<sup>-1</sup>, TDS 260.32 mg L<sup>-1</sup>, pH 8.36, çözünmüş oksijen 3.92 mg L<sup>-1</sup>, Secchi diski derinliği 70 cm, NO<sub>3</sub>-N 0.25 mg L<sup>-1</sup>, NO<sub>2</sub>-N 0.008 mg L<sup>-1</sup>, PO<sub>4</sub>-P 0.06 mg L<sup>-1</sup> TP 0.27 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> 15.73 mg L<sup>-1</sup> Chl-*a* 0.04 mg L<sup>-1</sup>. Taşkısı Gölü'nde ölçülen parametrelerin ortalaması şu şekildedir: su sıcaklığı 18.56 °C, elektriksel iletkenlik 433.15 µS cm<sup>-1</sup>, TDS 323.08 mg L<sup>-1</sup>, pH 8.18, çözünmüş oksijen 3.72 mg L<sup>-1</sup>, Secchi diski derinliği 68 cm, NO<sub>3</sub>-N 0.16 mg L<sup>-1</sup>, NO<sub>2</sub>-N 0.005 mg L<sup>-1</sup>, PO<sub>4</sub>-P 0.017 mg L<sup>-1</sup> TP 0.16 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> 15.03 mg L<sup>-1</sup> Chl-*a* 0.03 mg L<sup>-1</sup>.

Ortalama yıllık Chl-*a* konsantrasyonu, TP ve Secchi diski derinliğinden elde edilen Carlson Trofik Durum İndeksi sonuçlarına bakıldığında üç göl de ötrofik karakterlidir.

# THE COMPARISON OF WATER QUALITY OF POYRAZLAR, LITTLE AKGÖL AND TAŞKISI LAKES

## SUMMARY

Keywords: Carlson Trophic State Index, Lake Little Akgöl, Lake Poyrazlar, Lake Taşkısı, Water quality

The purpose of this study was to determine and compare the water quality of the Lake Lake Poyrazlar, Little Akgöl and Lake Taşkısı. Monthly sampling was carried out at 5 stations in three lakes between May 2015 and April 2016. Water temperature, specific conductance (SC), total dissolved solid (TDS), pH and dissolved oxygen were measured monthly using a YSI proplus water probe. Water transparency was determined monthly using a Secchi disk during the sampling. Nitrate-nitrogen (NO<sub>3</sub>-N), nitrite-nitrogen (NO<sub>2</sub>-N), orthophosphate (PO<sub>4</sub>-P), total phosphorus (TP), silica (SiO<sub>2</sub>) and chlorophyll-*a* (Chl-*a*) were analyzed monthly according to standard methods.

Mean values of measured parameters in Lake Poyrazlar were as follow: water temperature 18.79 °C, SC 168.75 µS cm<sup>-1</sup>, TDS 125.39 mg L<sup>-1</sup>, pH 8.25, dissolved oxygen 3.37 mg L<sup>-1</sup>, Secchi disk 176 cm, NO<sub>3</sub>-N 0.09 mg L<sup>-1</sup>, NO<sub>2</sub>-N 0.005 mg L<sup>-1</sup>, PO<sub>4</sub>-P 0.01 mg L<sup>-1</sup> TP 0.06 mg L<sup>-1</sup>, SiO<sub>2</sub> 7.30 mg L<sup>-1</sup> and Chl-*a* 0.007 mg L<sup>-1</sup>. Mean values of measured parameters in Lake Little Akgöl were as follow: water temperature 18.65°C, specific conductance 352.73 µS cm<sup>-1</sup>, TDS 260.32 mg L<sup>-1</sup>, pH 8.36, dissolved oxygen 3.92 mg L<sup>-1</sup>, Secchi disk 70 cm, NO<sub>3</sub>-N 0.25 mg L<sup>-1</sup>, NO<sub>2</sub>-N 0.008 mg L<sup>-1</sup>, PO<sub>4</sub>-P 0.06 mg L<sup>-1</sup> TP 0.27 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> 15.73 mg L<sup>-1</sup> and Chl-*a* 0.04 mg L<sup>-1</sup>. Mean values of measured parameters in Lake Taşkısı were as follow: water temperature 18.56 °C, specific conductance 433.15 µS cm<sup>-1</sup>, TDS 323.08 mg L<sup>-1</sup>, pH 8.18, dissolved oxygen 3.72 mg L<sup>-1</sup>, Secchi disk 68 cm, NO<sub>3</sub>-N 0.16 mg L<sup>-1</sup>, NO<sub>2</sub>-N 0.005 mg L<sup>-1</sup>, PO<sub>4</sub>-P 0.017 mg L<sup>-1</sup> TP 0.16 mg L<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> 15.03 mg L<sup>-1</sup> and Chl-*a* 0.03 mg L<sup>-1</sup>.

Based on Chl-*a*, TP and Secchi disk values, Carlson Trophic State Index remarked that all of the lakes are eutrophic.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Tarımsal, kentsel ve endüstriyel gelişimin artması, canlılığın devamı için elzem olan doğal kaynakların azalmasına, kirlenmesine hatta yok olmasına sebep olmaktadır. Sürdürülebilir olmayan ve bilişsizce kirlenen kaynakların başında su gelmektedir. Canlılığın yaşamsal fonksiyonlarını sürdürebilmesi için gerekli olan su, kimyasal bakımdan basit bir yapıya sahip olsada, canlılık için oldukça önemlidir.

Dünya üzerindeki toplam tatlı su miktarı toplam suyun %2.5'ini oluşturmakta olup, kullanılabilir su miktarı bunun yalnızca %0.3' ünü oluşturmaktadır. Geri kalan tatlı sular çoğunlukla kutuplarda ve yüksek dağlardaki buzullarda hapsolmuş durumdadır. Kullanılabilir su kaynaklarını yeraltı suları, topraktaki nem ve yüzey suları oluşturmaktadır. Yüzey suları içme suyu ihtiyacını karşılayan temel su kaynağıdır ve hayati öneme sahiptir (BM, 2003).

Ülkemizin üç tarafı denizlerle çevrili olsa da tatlı su varlığı açısından zengin bir ülke değildir (Muluk ve ark., 2013). Türkiye üç farklı iklim kuşağının etkisi altında bulunması sebebiyle bölgesel yıllık yağış miktarı bakımından çok büyük farklılıkların görüldüğü bir ülkedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yıllık ortalama yağış miktarı 250 mm iken, Karadeniz kıyılarında 3000 mm'nin üzerine çıkabilmektedir. Bununla birlikte Türkiye genelinde yıllık ortalama yağış miktarı 643 mm olup, yılda ortalama 501 km<sup>3</sup> suya tekabül etmektedir (Muluk ve ark., 2013). Bu suyun yıllık ortalama tüketilebilir yer üstü su potansiyeli 98 km<sup>3</sup>'tür (DSİ, 2009). DSİ istatistiklerine göre yıllık kişi başı su miktarının yaklaşık 1.52 m<sup>3</sup> olduğu bildirilmiştir (DSİ, 2009).

Akdeniz Havzası'nın içinde bulunan Türkiye, iklim değişikliğinin etkilerinden en şiddetli etkilenecek ülkelerden bir tanesidir. İklim değişikliği ile birlikte iklim koşullarında oluşan değişimler sonucu aşırı sıcaklık, kuraklık, yağışta azalma ya da fırtına ve seller görülebilmekte ve bu etkilerin neden olduğu su kaynakları sorunları baş göstermektedir. Türkiye'de 2030 yılı itibarı ile iç ve batı bölgelerindeki nehir havzalarında %40'ı aşan oranda su stresi yaşanacağı öngörülmektedir (DSİ, 2009). Su stresinin artması sonucu, su kıtlığı, biyolojik çeşitlilik kaybı, tarım ve turizmde gelir kaybı yaşanacağı düşünülmektedir (Muluk ve ark., 2013).

Su kalitesi, suyun etkin kullanımını etkileyen tüm fiziksel, kimyasal, biyolojik ve estetik özelliklerinin toplamıdır. İnsan ve ekosistemin temel ihtiyaçlarının karşılanması için suyun miktarı kadar önemlidir. Bununla birlikte, su kalitesine yönelik yatırım, bilimsel çalışma ve kamu ilgisi; su miktarı konularına gösterilenden daha az önem teşkil etmiştir (WWAP, 2012). Suyun kalitesinin azalması, ekonomik, sosyal, çevresel ve sağlık ile ilgili sorunlara neden olmaktadır. Önümüzdeki yıllarda su varlığının daha da kısıtlanacak olması sonucu mevcut suyun kalitesi ile ilgili problem ve maliyetlerin de artması beklenmektedir (WWAP, 2012).

Suyun hidrolojik döngüsü sırasında suya karışan maddeler, suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirerek su kirliliğine neden olmakta ve su kalitesini azaltmaktadır (Förstner ve Witmann, 1983). Su kirliliği, evsel ve endüstriyel atıkların arıtılmadan ya da yetersiz şekilde arıtılarak su ortamına verilmesi sonucu, tarımsal alanlarda kullanılan gübre ve pestisitler sonucu, enerji (nükleer, termik) santrallerinin soğutma sularının su ortamına verilmesi sonucu oluşabilmektedir (Kocataş, 1994).

Türkiye'de tatlı su kaynaklarının bozulmasına neden olan başlıca unsurlar: i) kentsel atıksuların arıtılmadan ya da kısmen arıtılarak yüzeysel sulara deşarj edilmeleri, ii) kanalizasyon ve katı atık yığınlarından kaynaklanan sızıntıların yeraltı sularını kirletmesi, iii) toprakta ve sulama kanallarında bulunan tarım ilacı ve kimyasal gübre kalıntılarının yüzeysel sulara ve akiferlere karışması, iv) erozyonu hızlandıran, tabii göllerde ve baraj göllerinde çökelti birikime neden olan ormansızlaşma ve yetersiz/yanlış tarımsal uygulamalar şeklinde sıralanabilmektedir (Anonim, 2011).

Bir sulak alan ekosisteminde fiziksel, kimyasal ve biyolojik elemanların kendi içlerinde ve aralarında gerçekleşen olaylar, o sulak alanın işlevlerini gerçekleştirmesini sağlar (Dugan, 1990). Sulak alanlar, canlılara yaşam ortamı sağlayarak biyolojik çeşitliliği desteklemenin yanı sıra, bölge ve ülke ekonomisine katkı sağlayan balıkçılık, saz yetiştiriciliği, su yolu taşımacılığı, rekreasyonel faaliyetlerin de yapıldığı alanlardır. Her şeyden önce insanlar da dâhil olmak üzere tüm canlıların tatlı su gereksinimlerini karşılarlar. Sulakalanların su damıtımı, buldukları bölgenin su rejimini dengeleme ve iklimini stabilize etme, tortu ve zehirli maddeleri alıkoyarak suyu temizleme, taşkın kontrolü gibi doğal işlevleri vardır (Zeybek, 2006; Muluk ve ark., 2013).

Evsel ve endüstriyel atık sular için alıcı ortamların başında sulak alanlar gelmektedir. Durgun su kütleleri olmaları dolayısıyla özellikle göllerdeki kirlenme, sistemin dışa su akışı da yok ise (kapalı göl) daha şiddetli olmaktadır. Bir gölün kirlenmesi, gölün drenaj alanındaki kentsel, tarımsal ve endüstriyel faaliyetlere, drenaj alanı/göl alanı şeklinde ifade edilebilen çevre faktörüne ve gölün ortalama derinliğine bağlıdır (Uslu ve Türkman, 1987).

Su kirliliğinin önlenmesi ve gerekli önlemlerin alınabilmesi için, suyun kalitesinin bilinmesi gerekmektedir. Su kalite sınıflarının belirlenmesi, su kalitesi kriterleri ile yapılmaktadır. Su kaynaklarından beklenen fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler su kalitesi kriterleri olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2004). Suların kalitelerine göre sınıflara ayrılmasının nedeni, kullanım amacının belirlenebilmesidir. Kıta içi yüzeysel sular için yapılan sınıflandırma şu şekildedir (Anonim, 2004): Sınıf I: Yüksek Kaliteli Su (yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu temini, rekreasyonel amaçlar, alabalık üretimi, hayvan üretimi, çiftlik ihtiyacı ve diğer amaçlar). Sınıf II: Az Kirlenmiş Su (ileri veya uygun arıtma ile içme suyu temini, rekreasyonel amaçlar, alabalık dışında balık üretimi, Teknik Usuller Tebliğinde verilmiş olan sulama suyu kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu olarak, sınıf I dışındaki diğer bütün kullanımlar). Sınıf III: Kirlenmiş Su (Gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren endüstriler hariç olmak üzere uygun bir arıtmadan sonra endüstriyel su temininde kullanılabilir). Sınıf IV: Çok Kirlenmiş Su. Her hangi bir su kaynağının bu

sınıflardan birine dâhil edilebilmesi için bütün parametre değerleri o sınıf için verilen parametre değerleriyle uyum halinde olmalıdır (Anonim, 2004).

Hayat için gerekli olan su kaynaklarının korunması ve sürekliliğinin sağlanması için önlemlerin acilen alınması, dünyamızdaki doğal hayatın sürekliliği için şarttır (Riviera, 1990). Ülkemiz iç sularının hidrobiyolojik özelliklerinin bilinmesi, bu kaynakların korunması ve ekonomik ölçekte dengeli bir şekilde yararlanılması açısından büyük önem taşımaktadır. Çok önemli doğal işlevleri olan ve farklı kullanım alanları olan göllerin kirlilik durumunun belirlenmesine yönelik yapılan çalışmaların sayısı her geçen gün artmaktadır (Aykulu ve ark., 1983; Gönüloğlu ve Obalı, 1998, Akbulut ve Yıldız, 2002; Çelik ve Ongun, 2008; Demir ve ark., 2014; Sevindik ve ark., 2017).

Bu çalışmada, Sakarya il sınırı içerisinde bulunan Poyrazlar, Küçük Akgöl ve Taşkısı göllerinde 2015-2016 yılları arası oniki ay boyunca toplam beş istasyonda periyodik olarak arazi çalışmaları yapılarak su sıcaklığı, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş madde, pH, çözünmüş oksijen, suyun ışık geçirgenliği, nitrat azotu, nitrit azotu, ortofosfat, toplam fosfor, silika ve klorofil-*a* değerleri ölçülmüştür. Elde edilen değerler üç gölün su kalitesinin belirlenmesinde ve göllerin su kalitelerinin karşılaştırılmasında kullanılmıştır. Böylece bu göllerin su kalitesinin durumu hakkında bilgi sahibi olunarak kirliliğin önlenmesine ve korunmasına yönelik çalışmalara yön verilebilecek ve gerektiğinde söz konusu göller için oluşturulacak yönetim planlarında kullanılabilecek güvenilir veri tabanlarının oluşturulması sağlanmış olacaktır.

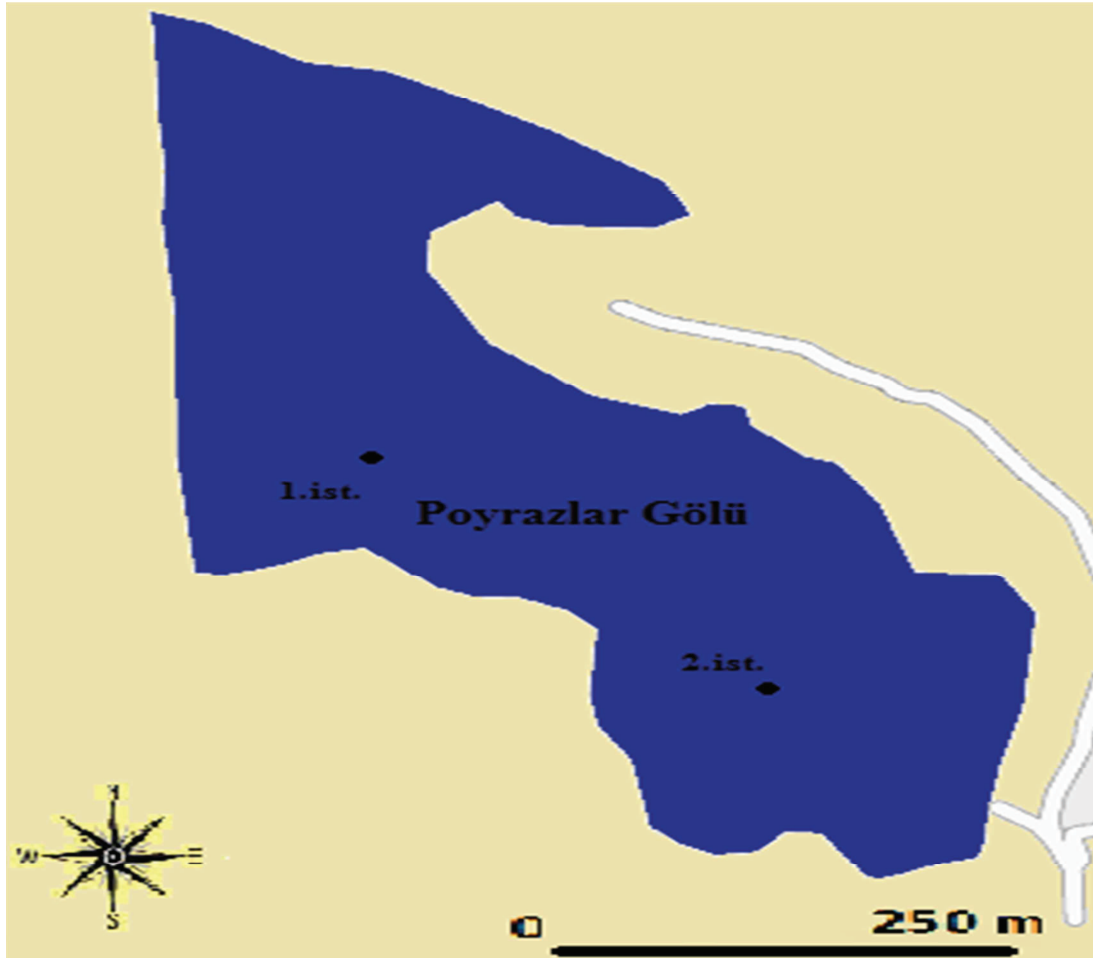


## **BÖLÜM 2. MATERYAL VE YÖNTEM**

### **2.1. Araştırma Alanlarının Tanımı ve Örnek Alma İstasyonları**

#### **2.1.1. Poyrazlar Gölü**

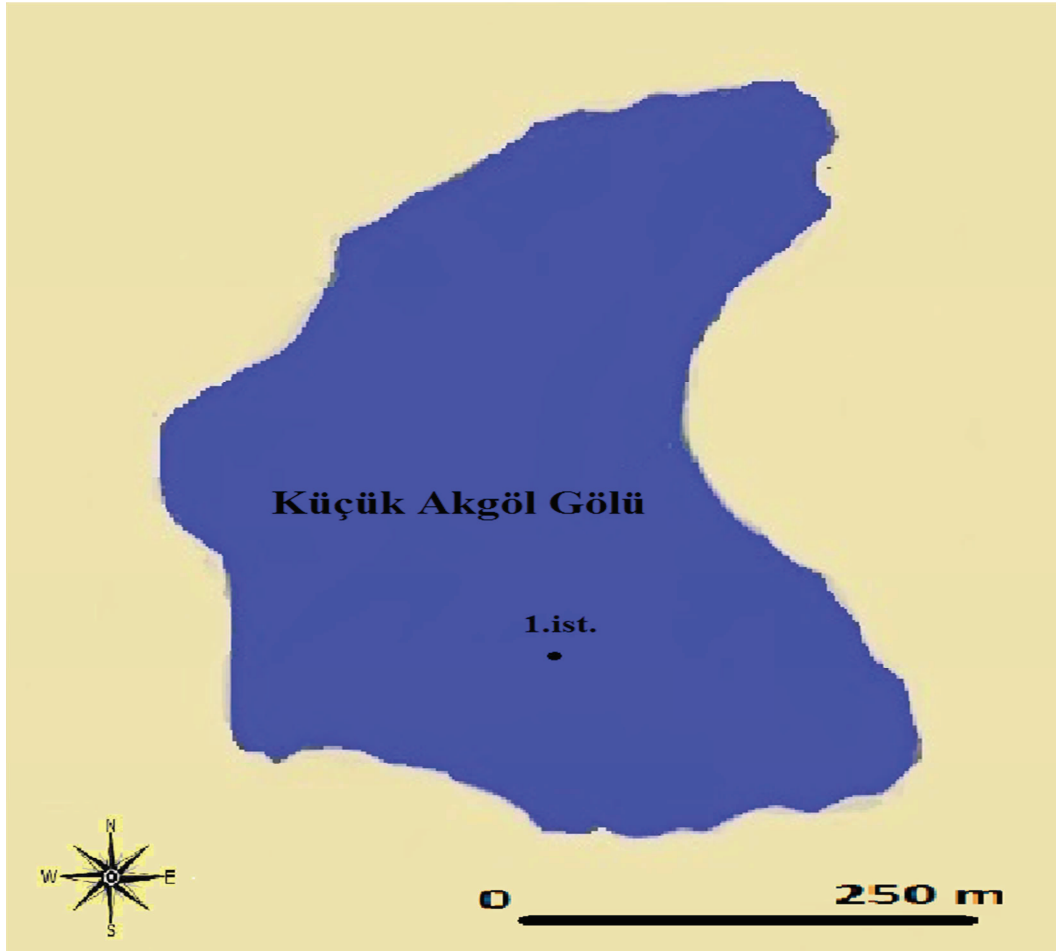
Poyrazlar Gölü Türkiye'nin Marmara Bölgesi Sakarya il sınırları içerisinde bulunan küçük tatlı su göllerinden biridir (Şekil 2.1.). Poyrazlar, Sakarya nehrinin eski yatağında oluşmuş, Adapazarı'nın 7-8 km kuzeydoğusunda (40° 50' N, 30° 27'E) iki sırt arasında uzanan bir alüvyon baraj gölüdür. Toplam yüzey alanı 0.6 km<sup>2</sup>, rakımı ise 20 m'dir (Taşdemir ve ark., 2008). Poyrazlar gölünün en derin kısmı yaklaşık 8 m ortalama derinliği ise 6 m'dir. Bu derinliğe karşılık yalnızca güney kıyıları sığ ve sazlıktır. Kuzeydoğu kıyılarında ise bataklık vejetasyonu görülür. Gölün etrafı orman ve çayırlarla kaplıdır (Demirsoy ve ark., 2001). Göl yağmur suları ile ve yeraltı suları ile beslenmektedir. Göl fazla sularını kuzeyinde yer alan bir çıkış ayağı ile Sakarya Nehri'ne boşaltmaktadır (Temel ve Yardımcı, 2004).



Şekil 2.1. Poyrazlar Göl haritası ve örnek alma istasyonları

### 2.1.2. Küçük Akgöl Gölü

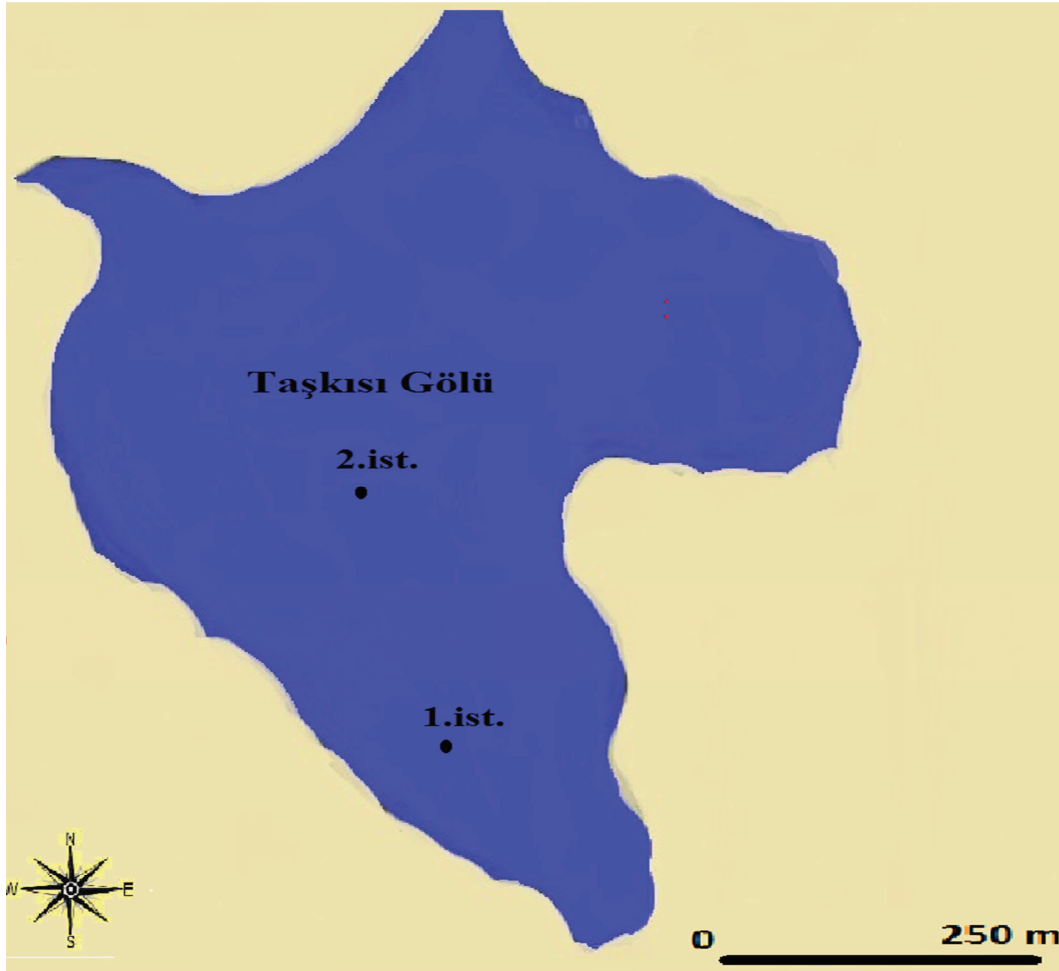
Küçük Akgöl Gölü, Türkiye'nin Marmara Bölgesi Sakarya il sınırları içerisinde Adapazarı'nın 20 km kuzeyindeki (40 ° 52' N, 30 °25' E) bulunmaktadır (Şekil 2.2.). Deniz seviyesinden 12.3 m yükseklikte bulunan göl 0.16 km<sup>2</sup>'lik bir yüzey alanına, 0.58 km uzunluğa, 1.3 m maksimum derinliğe ve 0.5 m derinliğe sahiptir. Göl, eski Sakarya Nehri yatağında kurulmuştur. Göl kuzeyinde yer alan bir çıkış ayağı ile Çark Deresi'ne bağlanmaktadır. Gölün kıyılarında yoğun makrofit (*Phragmites* sp., *Nymphaea alba* L. ve *Ceratophyllum demersum* L.) gelişimi görülmektedir. Göl ormanlarla çevrilidir. Rekreasyon veya su temini için kullanılmamaktadır. 2001 yılında 30 hektarlık alanı "Yaban Hayatı Koruma Bölgesi" ilan edilmiştir.



Şekil 2.2. Küçük Akgöl göl haritası ve örnek alma istasyonları

### 2.1.3. Taşkısı Gölü

Taşkısı Gölü Türkiye'nin Marmara Bölgesi Sakarya il sınırları içerisinde Adapazarı'nın 13 km kuzeyinde (40 ° 52 'N, 30 °24' E) bulunmaktadır (Şekil 2.3.). Deniz seviyesinden 12 m yükseklikte bulunan göl 0.9 km<sup>2</sup>'lik yüzey alanına, 1.2 km'lik uzunluğa, 5 m'lik maksimum derinlik ve 1.5 m'lik ortalama derinliğe sahiptir. Göl, eski Sakarya Nehri yatağında kurulmuştur. Göl yağmur suları ile ve yeraltı suları ile beslenmektedir. Gölün kıyıları makrofitler (*Phragmites* sp., *Nymphaea alba* L. ve *Ceratophyllum demersum* L.) ile kaplıdır. Gölün kuzey kıyıları rekreasyon amaçlı kullanılmaktadır.



Şekil 2.3. Taşkısı göl haritası ve örnek alma istasyonları

Çalışmada Poyrazlar Gölü'nde iki, Küçük Akgöl Gölün'de bir ve Taşkısı Gölü'nde iki istasyon olmak üzere toplam beş istasyonda çalışıldı.

## 2.2. Fiziksel ve Kimyasal Parametreler

### 2.2.1. Su sıcaklığı, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş madde, pH, çözünmüş oksijen ve suyun ışık geçirgenliği

Mayıs 2015 – Nisan 2016 tarihleri arasında belirlenen beş istasyonda yüzeyin 10 cm altından su sıcaklığı, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş madde (TDS), pH ve çözünmüş oksijen YSI proplus su kalitesi ölçüm sondası kullanılarak; suyun ışık geçirgenliği ise Secchi diski kullanılarak örneklemeler sırasında aylık olarak belirlendi.

### 2.2.2. Kimyasal analizler

Mayıs 2015 – Nisan 2016 tarihleri arasında aylık olarak, belirlenen beş istasyonda yüzeyin 10 cm altından koyu renkli plastik su kaplarına 500 mL su alınarak kimyasal analizler için kullanıldı. Alınan su örneklerinden Nitrat Azotu ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), Nitrit Azotu ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ), Ortofosfat ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ), Toplam Fosfor (TP) ve Silika ( $\text{SiO}_2$ ) analizleri laboratuarda yapıldı (Strickland ve Parsons, 1972; Technicon Industrial Methods, 1977 a, b). Araziden getirilen su örnekleri TP analizi için kullanılacak su hariç Whatman GF/C filtre kağıdından geçirilerek süzüldü.

#### 2.2.2.1. Nitrat azotu ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) analizi

$\text{NO}_3\text{-N}$  konsantrasyonu; su örneklerinin standart metodlara göre spektrofotometrik olarak ölçülmesi sonucu belirlendi. Bu analiz için 0, 0.25, 1, 2 ve 3 mL' lik seriler ile arazi numunelerinin bulunduğu on ayrı erlen kullanıldı. Serilerin bulunduğu erlenlere sadece 0, 0.25, 1, 2 ve 3 mL çalışma solüsyonu konuldu, saf su eklenmedi. Çalışma solüsyonu, stok solüsyonunun 1:10 oranında seyreltilmesi ile hazırlandı. Stok solüsyonu  $0.722 \text{ gr L}^{-1} \text{ KNO}_3$  (potasyum nitrat) ile hazırlandı. Diğer erlenlere ise 10 mL araziden getirilen su örneklerinden konuldu. Sonrasında hem serilere hemde örneklere 1 mL sodyum-salisilat solüsyonundan eklenip  $95 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de etüvde bir gece kuruyana kadar beklendi. Ertesi gün örneklerin üzerine 1 mL sülfürik asit çözeltisi eklendi ve iyice çalkalandı. Ardından 50 mL distile su eklendi. Daha sonra 7 mL sodyum hidroksit - tartarat çözeltisi eklendi. Örneklere distile su ilavesi yapılarak toplamda 100 mL olması sağlandı. İyice karıştırıldıktan sonra hemen  $420 \text{ nm}$ ' de spektrofotometrik ölçümü yapıldı.

#### 2.2.2.2. Nitrit azotu ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) analizi

$\text{NO}_2\text{-N}$  konsantrasyonu; su örneklerinin standart metodlara göre spektrofotometrik olarak ölçülmesi sonucu belirlendi. Bu analiz için; 0, 0.5, 1, 1.5 ve 2 mL'lik seriler ile arazi numunelerinin bulunduğu on ayrı erlen kullanıldı. Serilerin bulunduğu erlenlere 50 mL saf su konulup; erlenlerden sırayla 0, 0.5, 1, 1.5, 2 mL saf su

çıkarıldı. Çalışma solusyonu, stok solusyonunun 1:1000 oranında seyreltilmesi ile hazırlandı. Çıkarılan saf su yerine yine aynı miktarlarda çalışma solüsyonu eklendi. Stok solusyonu  $2.482 \text{ gr L}^{-1} \text{ NaNO}_2$  (sodyum nitrit) ile hazırlandı. Diğer erlenlere ise 50 mL araziden getirilen su örneklerinden konuldu. Sonrasında hem serilere hemde örneklere 1 mL sülfanilamid solüsyonu eklenip 5 dk. beklendi. 1 mL N (1-naftil) etilin-diamin solüsyonu eklendi ve karıştırıldı. 10 dk. beklendikten sonra 550 nm dalga boyunda spektrofotometrik ölçüm yapıldı.

#### 2.2.2.3. Ortofosfat ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) analizi

$\text{PO}_4\text{-P}$  konsantrasyonu, su örneklerinin standart metodlara göre spektrofotometrik olarak ölçülmesi sonucu belirlendi. Bu analiz için 0, 0.25, 0.5, 1, 2 ve 5 mL' lik seriler ile arazi numunelerinin bulunduğu onbir ayrı erlen kullanıldı. Serilerin bulunduğu erlenlere 50 mL saf su konulup; erlenlerden sırayla 0, 0.25, 0.5, 1, 2, 5 mL saf su çıkarıldı. Çalışma solusyonu, stok solusyonunun 1:1000 oranında seyreltilmesi ile hazırlandı. Stok solusyonu 24.393 gr  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (potasyum dihidrojen fosfat) + 800 mL saf su +1 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (sülfürik asit) ile hazırlandı. Çıkarılan saf su yerine yine aynı miktarlarda çalışma solüsyonu eklendi. Diğer erlenlere ise 50 mL araziden getirilen su örneklerinden konuldu. Sonrasında hem serilere hemde örneklere 5'er mL çözelti karışımı eklenip karıştırıldı. Çözelti karışımı 100 mL amonyum molibdat çözeltisi, 250 mL sülfürik asit çözeltisi, 100 mL askorbik asit çözeltisi, 50 mL potasyum antimonil tartarat çözeltisi eklenerek hazırlandı. 5 dk. beklendikten sonra 720 nm dalga boyunda spektrofotometrik ölçüm yapıldı.

#### 2.2.2.4. Toplam fosfor (TP) analizi

TP konsantrasyonu su örneklerinin standart metodlara göre spektrofotometrik olarak ölçülmesi sonucu belirlendi. Bu analiz için 0, 0.25, 0.5, 1, 2 ve 5 mL' lik seriler ile arazi numunelerinin bulunduğu onbir ayrı erlen kullanıldı. Serilerin bulunduğu erlenlere 50 mL saf su konulup; erlenlerden sırayla 0, 0.25, 0.5, 1, 2, 5 mL saf su çıkarıldı. Çalışma solusyonu, stok solusyonunun 1:1000 oranında seyreltilmesi ile hazırlandı. Stok solusyonu 24.393 gr  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  + 800 mL saf su +1 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ile

hazırlandı. Çıkarılan saf su yerine yine aynı miktarlarda çalışma solüsyonu eklendi. Diğer erlenlere ise 50 mL arazi örneklerinden konuldu. Sonrasında hem serilere hemde örneklere 1'er mL potasyum persülfat çözeltisi eklendi. Kaplar ağzı açık bir şekilde tartılıp etüve yerleştirildi. 120 °C' de 1 gece etüvde bırakıldıktan sonra bu ağırlıkları da ölçülüp buharlaşan su miktarı kadar yerine saf su eklendi. Sonra ortofosfat için hazırlana çözeltiden 5'er mL eklendi. 5 dk. beklendikten sonra 885 nm'de spektrofotometrik ölçümü yapıldı.

#### **2.2.2.5. Silika (SiO<sub>2</sub>) analizi**

SiO<sub>2</sub> konsantrasyonu; su örneklerinin standart metodlara göre spektrofotometrik olarak ölçülmesi sonucu belirlendi. Bu analiz için; 0, 3, 5, 10 ve 15 mL 'lik seriler ile arazi numunelerinin bulunduğu on ayrı plastik kap kullanıldı. Serilerin bulunduğu plastik kaplara 50 mL saf su konulup; plastik kaplardan sırayla 0, 3, 5, 10 ve 15 mL saf su çıkarıldı. Çalışma solüsyonu, stok solüsyonunun 1:100 oranında seyreltilmesi ile hazırlandı. Stok solüsyonu 6.69 gr L<sup>-1</sup> Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> (sodyum fluosilikat) ile hazırlandı. Çıkarılan saf su yerine yine aynı miktarlarda çalışma solüsyonu eklendi. Diğer kaplara ise 50 mL arazi örneklerinden konuldu. Sonrasında hem serilere hemde örneklere 2.5 mL amonyum molibdat solüsyonu eklenip 5 dk. beklendi. 1 mL hidroklorik asit solüsyonu eklendi ve 5 dk. daha beklendi. 1 mL oxalik asit çözeltisi eklenerek hemen 420 nm dalga boyunda spektrofotometrik ölçüm yapıldı.

#### **2.2.3. Klorofil-a (Chl-a) Analizi**

Arziden getirilen 500 mL su numunesi GF/C filtre kağıdı kullanılarak süzüldü. Filtre kağıtları ufak ufak 15 mL hacimli cam tüplerin içine kesildi. Üzerlerine 15 mL %90'lık metanol çözeltisi eklendi. Cam tüplerin ağızları parafilm ile örtülerek 70 °C'de 10 dakika sıcak su banyosunda bekletildi. Daha sonra 5 dk. karanlıkta bekletildi. GF/C filtre kağıdı cam baget yardımıyla iyice ezildi. Klorofil içeren solüsyon santrifüj tüpüne aktarıldı. 3000 rpm'de 15 dk. santrifüj edildi. %90 metanol kör olacak şekilde spektrofotometrede 665 ve 750 nm'de okutuldu. Aşağıdaki eşitliğe (Denklem 2.1) göre µg L<sup>-1</sup> cinsinden hesaplandı. 750 nm doğrulama için

kullanıldı ve 0.02'den küçük çıkıp çıkmadığı kontrol edildi. Büyük çıkması durumunda örnek yeniden santrifüj edildi (Youngman, 1978).

$$\text{Klorofil-}a \text{ (}\mu\text{g L}^{-1}\text{)} = \frac{[(13.6).(A).(v)]}{[(d).(V)]} \quad (2.1)$$

A = 665 nm'deki absorpsiyon değeri

v = Metanol ekstratının hacmi (mL)

V = Süzülen suyun hacmi (L)

d = Spektrofotometre küvetinin ışık yolu uzunluğu (eni) (cm)

k = klorofil-*a*'nın absorpsiyon katsayısı = 13.6

### 2.3. Carlson Trofik Durum İndeksi

Üç gölün de trofik durumu yıllık ortalama TP, Chl-*a* ve Secchi diski derinliği (SD) değerleri kullanılarak aşağıda eşitlikte (Denklem 2.2) verilen şekilde hesaplandı ve Tablo 2.1.'den yararlanılarak belirlendi (Carlson, 1977):

Klorofil-*a* için, TSI (CA) = 9.81 In [Chl-*a* ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )] + 30.6

Secchi diski için, TSI (SD) = 60 - 14.41 In [SD (m)]

Toplam fosfor için, TSI (TP) = 14.42 In [TP ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )] + 4.15

Carlson'un trofik durum indeksi (CTSI) = [TSI (TP)+TSI(CA)+TSI(SD)]/3 (2.2)

Tablo 2.1. Carlson'un trofik durum indeksi ve göllerin sınıflandırılması

TSI Değerleri	Trofik Durum	Özellikleri
< 30	Oligotrofik	Temiz sulardır. Yıl boyunca hipolimniyonda oksijen bulunur.
30-40	Oligotrofik	Göl hala oligotrofik olmakla birlikte, bazı sığ göller yazın oksijensiz duruma gelebilir.
40- 50	Mesotrofik	Göl hala temiz sayılır fakat yazın oksijensiz duruma gelme olasılığı artmıştır.
50-60	Ötrofik	Göl düşük derecede ötrofiktir. Göl berraklığı azalmıştır ve göl sadece ılık su balıkları bulundurur.
60-70	Ötrofik	Gölde mavi yeşil alg baskınlığı vardır. Yüzeyde muhtemel alglerin oluşturduğu köpüklenme mevcuttur. Gölde makrofitlerin gelişimi yüksektir.
70-80	Ötrofik	Yaz boyunca şiddetli alg gelişimi görülür. Bu sular genellikle hiperötrofturlar.
>80	Ötrofik	Yüzeyde alglerin oluşturduğu köpüklenme mevcuttur. Yazın balık ölümleri görülür. Az sayıda makrofit vardır.



## 2.4. Verilerin Analizi

Çevresel değişkenlerin göller arasındaki istatistiksel farklılıklarının belirlenmesinde Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA), SPSS 20.0 programı kullanılarak yapıldı. Post-hoc testi olarak Duncan testi uygulandı. Çevresel değişkenler ile göller arasındaki korelasyon, Temel Bileşen Analizi (PCA) ile XLSTAT yazılımı (Fahmy, 2017) kullanılarak yapıldı.

## BÖLÜM 3. BULGULAR

Poyrazlar, Küçük Akgöl ve Taşkısı göllerinde Mayıs 2015-Nisan 2016 tarihleri arasında gerçekleştirilen bu çalışmada elde edilen ortalama değerler Tablo 3.1.'de verilmiştir.

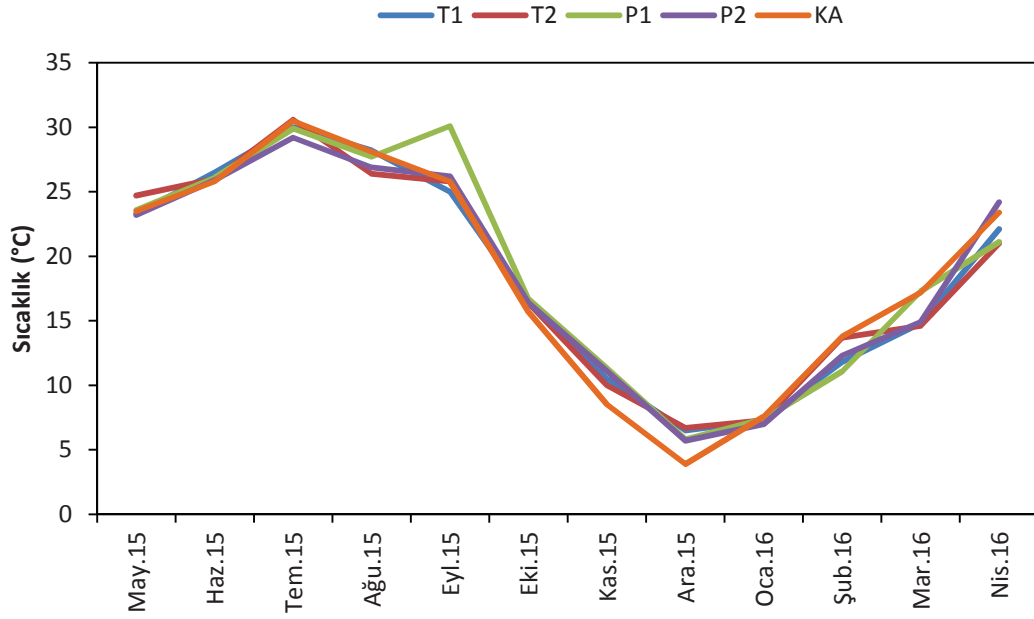
Tablo 3.1. Su kalite parametrelerinin ortalama değerleri

PARAMETRE	POYRAZLAR	KÜÇÜK AKGÖL	TAŞKISI
Sıcaklık (°C)	18.79 ± 8.32	18.65 ± 8.82	18.57 ± 8.09
Elektriksel İletkenlik ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	168.75 ± 32.81	352.73 ± 52.29	433.15 ± 85.35
TDS ( $\text{mgL}^{-1}$ )	125.39 ± 6.73	260.32 ± 50.66	323.08 ± 29.91
pH	8.26 ± 0.25	8.36 ± 0.43	8.18 ± 0.22
Çözünmüş Oksijen ( $\text{mgL}^{-1}$ )	3.37 ± 2.68	3.92 ± 3.47	3.72 ± 3.49
Secchi Diski (cm)	175.83 ± 23.53	69.58 ± 13.39	67.71 ± 11.23
$\text{NO}_3\text{-N}$ ( $\text{mgL}^{-1}$ )	0.095 ± 0.1	0.25 ± 0.32	0.16 ± 0.15
$\text{NO}_2\text{-N}$ ( $\text{mgL}^{-1}$ )	0.0048 ± 0.004	0.008 ± 0.006	0.005 ± 0.004
$\text{PO}_4\text{-P}$ ( $\text{mgL}^{-1}$ )	0.014 ± 0.02	0.06 ± 0.05	0.017 ± 0.01
TP ( $\text{mgL}^{-1}$ )	0.06 ± 0.056	0.27 ± 0.13	0.15 ± 0.09
$\text{SiO}_2$ ( $\text{mgL}^{-1}$ )	7.3 ± 6.16	15.73 ± 12.69	15.03 ± 15.26
Chl- <i>a</i> ( $\text{mgL}^{-1}$ )	0.007 ± 0.002	0.04 ± 0.043	0.03 ± 0.03

### 3.1. Sıcaklık

Poyrazlar Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum sıcaklık 2015 yılının Temmuz ayında 1. istasyonda 29.90 °C olarak kaydedilirken, minimum sıcaklık 2015 yılının Aralık ayında 2. istasyonda 5.70 °C olarak kaydedildi. Küçük Akgöl Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum sıcaklık 2015 yılının Temmuz ayında 30.50 °C olarak kaydedilirken, minimum sıcaklık 2015 yılının Aralık ayında 3.90 °C olarak kaydedildi. Taşkısı Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum sıcaklık 2015 yılının Temmuz ayında 2. istasyonda 30.60 °C olarak kaydedilirken, minimum sıcaklık 2015

yılıının Aralık ayında 1. istasyonda 6.50 °C olarak kaydedildi (Şekil 3.1.). Her üç gölde de kış ayının sonuna doğru su sıcaklığının arttığı ve yaz boyunca yüksek değerlerde seyrettiği görüldü. Üç gölün sıcaklık değerleri istatistiki olarak farklı bulunmadı ( $p > 0.05$ ).

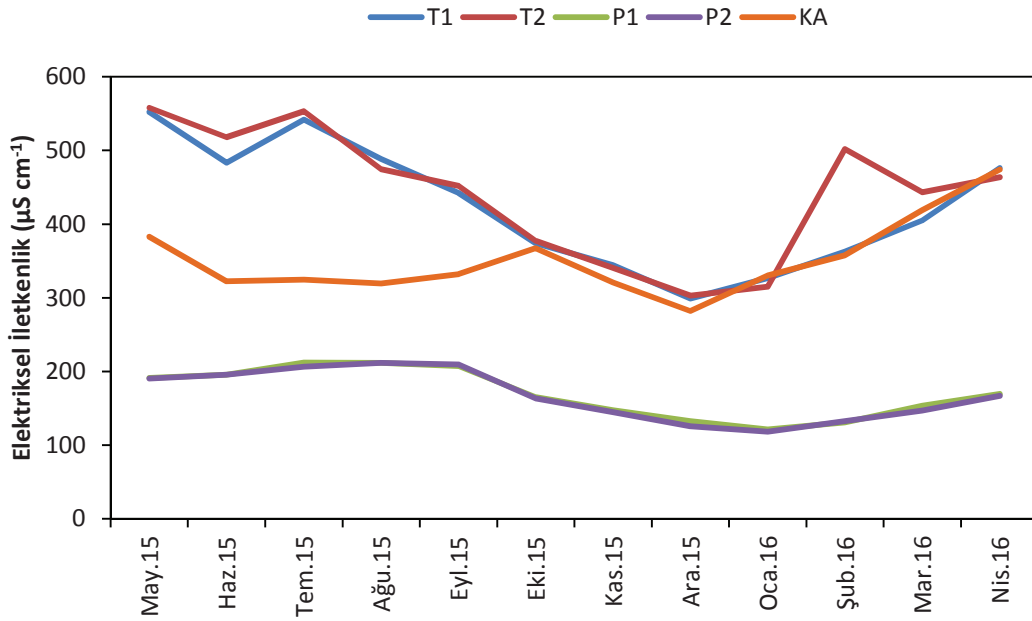


Şekil 3.1. Üç gölde sıcaklığın aylara göre değişimi (P1: Poyrazlar 1. istasyon, P2: Poyrazlar 2. istasyon, KA: Küçük Akgöl, T1: Taşkısı 1. istasyon, T2: Taşkısı 2. istasyon)

### 3.2. Elektriksel İletkenlik

Poyrazlar Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum elektriksel iletkenlik 2015 yılının Temmuz ayında 1. istasyonda  $212.0 \mu\text{S cm}^{-1}$  olarak kaydedilirken, minimum elektriksel iletkenlik 2016 yılının Ocak ayında 2. istasyonda  $118.50 \mu\text{S cm}^{-1}$  olarak kaydedildi. Küçük Akgöl Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum elektriksel iletkenlik 2015 yılının Mayıs ayında  $382.70 \mu\text{S cm}^{-1}$  olarak kaydedilirken, minimum elektriksel iletkenlik 2015 yılının Aralık ayında  $282.0 \mu\text{S cm}^{-1}$  olarak kaydedildi. Taşkısı Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum elektriksel iletkenlik 2015 yılının Mayıs ayında 2. istasyonda  $558.0 \mu\text{S cm}^{-1}$  olarak kaydedilirken, minimum elektriksel iletkenlik 2015 yılının Aralık ayında 1. istasyonda  $299.10 \mu\text{S cm}^{-1}$  olarak kaydedildi (Şekil 3.2.). Her üç gölde de elektriksel iletkenlik değerlerinin ilkbahar ve yaz

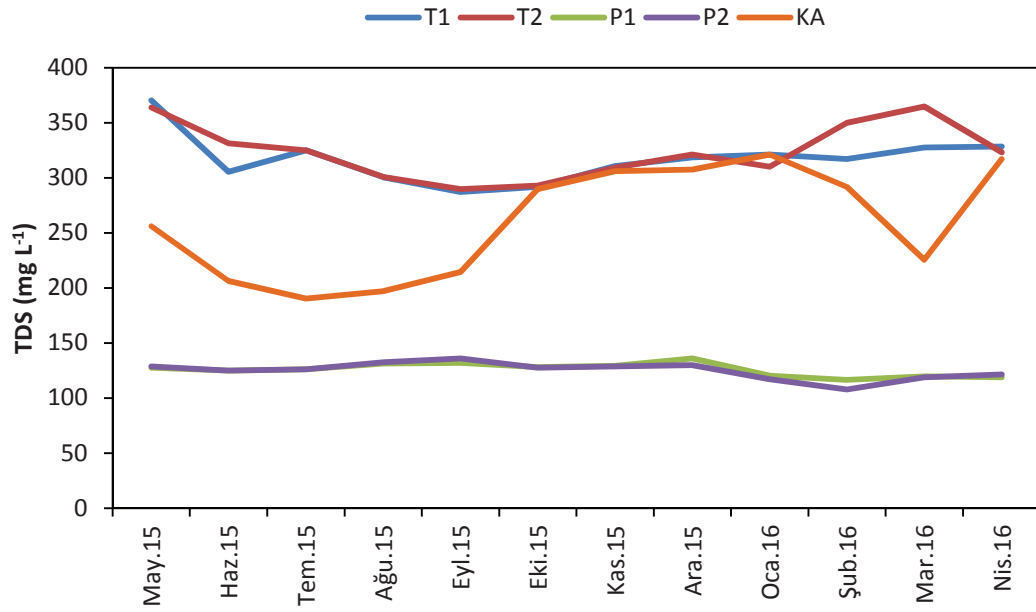
aylarında sonbahar ve kış aylarına göre daha yüksek olduğu görüldü. Küçük Akgöl ve Taşkısı göllerinde elektriksel iletkenlik değerlerinin Poyrazlar Gölü'ne göre daha yüksek olduğu görüldü. Üç gölün elektriksel iletkenlik değerleri birbirinden istatistiki olarak farklı bulundu ( $f = 53.99$ ,  $p < 0.05$ ).



Şekil 3.2. Üç gölde elektriksel iletkenlik değerlerinin aylara göre değişimi (P1: Poyrazlar 1. istasyon, P2: Poyrazlar 2. istasyon, KA: Küçük Akgöl, T1: Taşkısı 1. istasyon, T2: Taşkısı 2. istasyon)

### 3.3. Toplam Çözünmüş Madde (TDS)

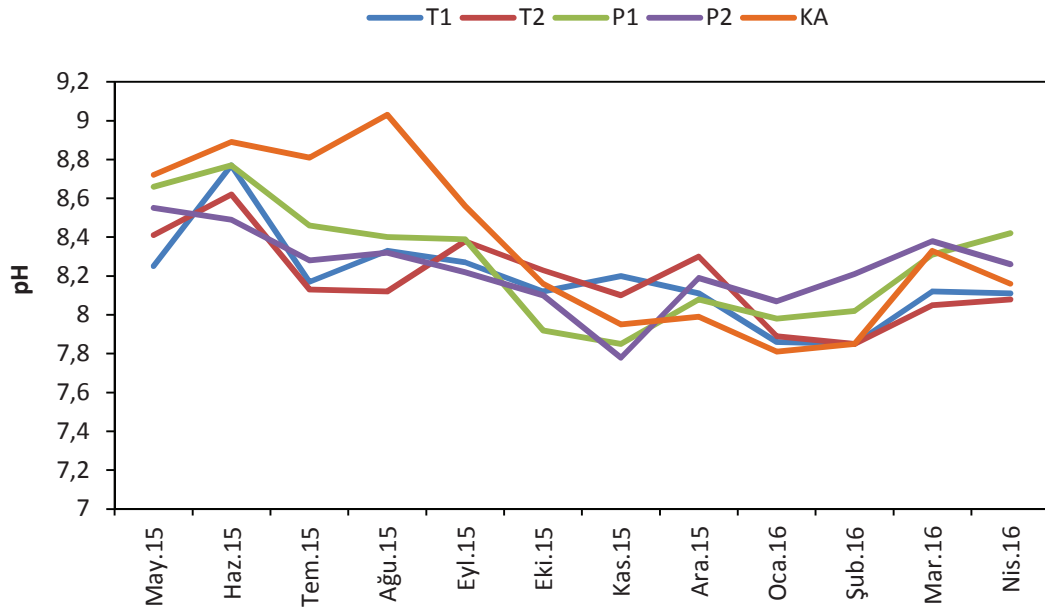
Poyrazlar Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum TDS 2015 yılının Eylül ayında 2. istasyonda  $135.90 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedilirken, minimum TDS 2016 yılının Şubat ayında 2. istasyonda  $107.90 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedildi. Küçük Akgöl Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum TDS 2016 yılının Ocak ayında  $321.10 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedilirken, minimum TDS 2015 yılının Temmuz ayında  $190.50 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedildi. Taşkısı Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum TDS 2015 yılının Mayıs ayında 1. istasyonda  $370.50 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedilirken, minimum TDS 2015 yılının Eylül ayında 1. istasyonda  $287.30 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedildi (Şekil 3.3.). Küçük Akgöl ve Taşkısı göllerinde TDS değerlerinin Poyrazlar Gölü'ne göre daha yüksek olduğu görüldü. Üç gölün TDS değerleri birbirinden istatistiki olarak farklı bulundu ( $f = 135.49$ ,  $p < 0.05$ ).



Şekil 3.3. Üç gölde toplam çözünmüş madde değerlerinin aylara göre değişimi (P1: Poyrazlar 1. istasyon, P2: Poyrazlar 2. istasyon, KA: Küçük Akgöl, T1: Taşkısı 1. istasyon, T2: Taşkısı 2. istasyon)

### 3.4. pH

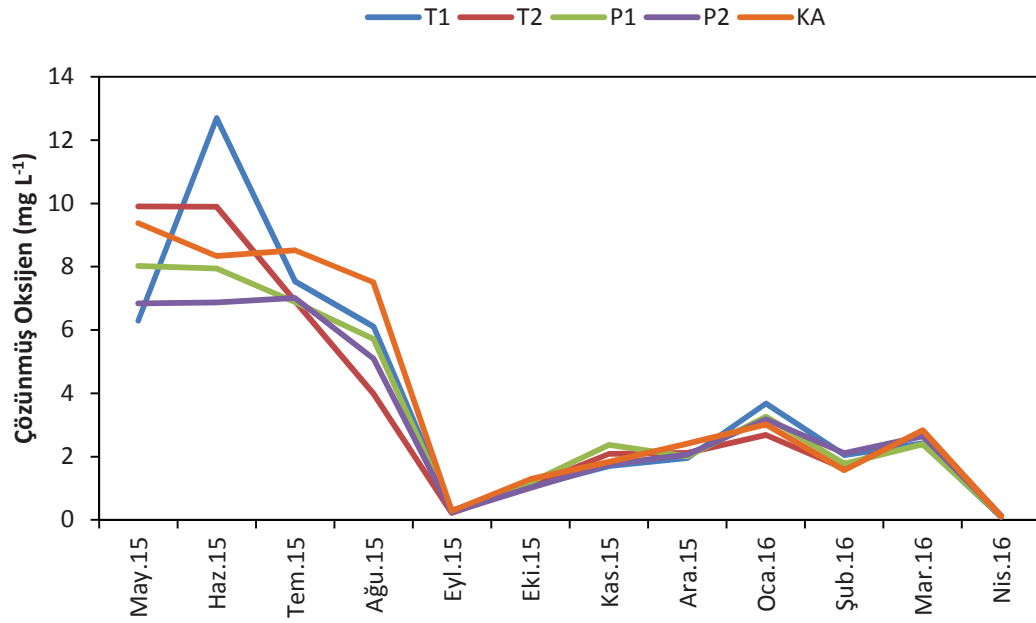
Poyrazlar Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum pH 2015 yılının Haziran ayında 1. istasyonda 8.77 olarak kaydedilirken, minimum pH 2015 yılının Kasım ayında 2. istasyonda 7.78 olarak kaydedildi. Küçük Akgöl Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum pH 2015 yılının Ağustos ayında 9.03 olarak kaydedilirken, minimum pH 2016 yılının Ocak ayında 7.81 olarak kaydedildi. Taşkısı Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum pH 2015 yılının Haziran ayında 1. istasyonda 8.77 olarak kaydedilirken, minimum pH 2016 yılının Şubat ayında 1. istasyonda 7.85 olarak kaydedildi (Şekil 3.4.). Her üç gölde de pH yaz aylarında diğer aylara göre yüksek ölçüldü. Üç gölün pH değerleri istatistiki olarak farklı bulunmadı ( $p > 0.05$ ).



Şekil 3.4. Üç gölde pH değerlerinin aylara göre değişimi (P1: Poyrazlar 1. istasyon, P2: Poyrazlar 2. istasyon, KA: Küçük Akgöl, T1: Taşkısı 1. istasyon, T2: Taşkısı 2. istasyon)

### 3.5. Çözünmüş Oksijen Miktarı

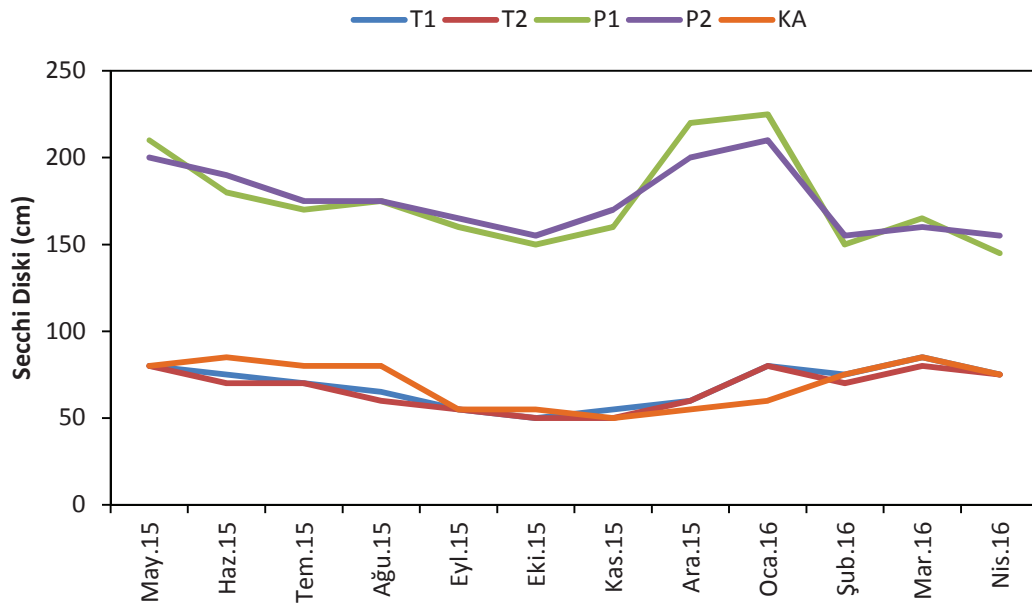
Poyrazlar Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum çözünmüş oksijen miktarı 2015 yılının Mayıs ayında 1. istasyonda  $8.02 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedilirken, minimum çözünmüş oksijen miktarı 2016 yılının Nisan ayında 1. istasyonda  $0.12 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedildi. Küçük Akgöl Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum çözünmüş oksijen miktarı 2015 yılının Mayıs ayında  $9.38 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedilirken, minimum çözünmüş oksijen miktarı 2016 yılının Nisan ayında  $0.10 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedildi. Taşkısı Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum çözünmüş oksijen miktarı 2015 yılının Haziran ayında 1. istasyonda  $12.70 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedilirken, minimum çözünmüş oksijen miktarı 2016 yılının Nisan ayında 1. istasyonda  $0.09 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedildi (Şekil 3.5.). Her üç gölde de çözünmüş oksijen miktarı yaz aylarında diğer aylara göre daha yüksek ölçüldü. Üç gölün çözünmüş oksijen değerleri istatistiki olarak farklı bulunmadı ( $p > 0.05$ ).



Şekil 3.5. Üç gölde çözülmüş oksijen miktarının aylara göre değişimi (P1: Poyrazlar 1. istasyon, P2: Poyrazlar 2. istasyon, KA: Küçük Akgöl, T1: Taşkısı 1. istasyon, T2: Taşkısı 2. istasyon)

### 3.6. Secchi Diski

Poyrazlar Gölü'nde Secchi diski derinliği maksimum 2016 yılının Ocak ayında 1. istasyonda 225 cm olarak ölçülürken, minimum 2016 yılının Nisan ayında 1. istasyonda 145 cm olarak ölçüldü. Küçük Akgöl Gölü'nde maksimum Secchi diski derinliği 2016 yılının Mart ayında 85 cm olarak ölçülürken, minimum 2015 yılının Kasım ayında 50 cm olarak ölçüldü. Taşkısı Gölü'nde maksimum Secchi diski derinliği 2015 yılının Mart ayında 1. istasyonda 85 cm olarak ölçülürken, minimum 2015 yılının Ekim ayında 1. istasyonda 50 cm olarak ölçüldü (Şekil 3.6.). Her üç gölde de secchi diski değerleri kış aylarında ve ilkbaharın ilk dönemlerinde diğer aylara göre daha yüksek ölçüldü. Küçük Akgöl ve Taşkısı göllerinde Secchi diski değerlerinin Poyrazlar Gölü'ne göre daha düşük olduğu görüldü ( $f = 130.20$ ,  $p < 0.05$ ).

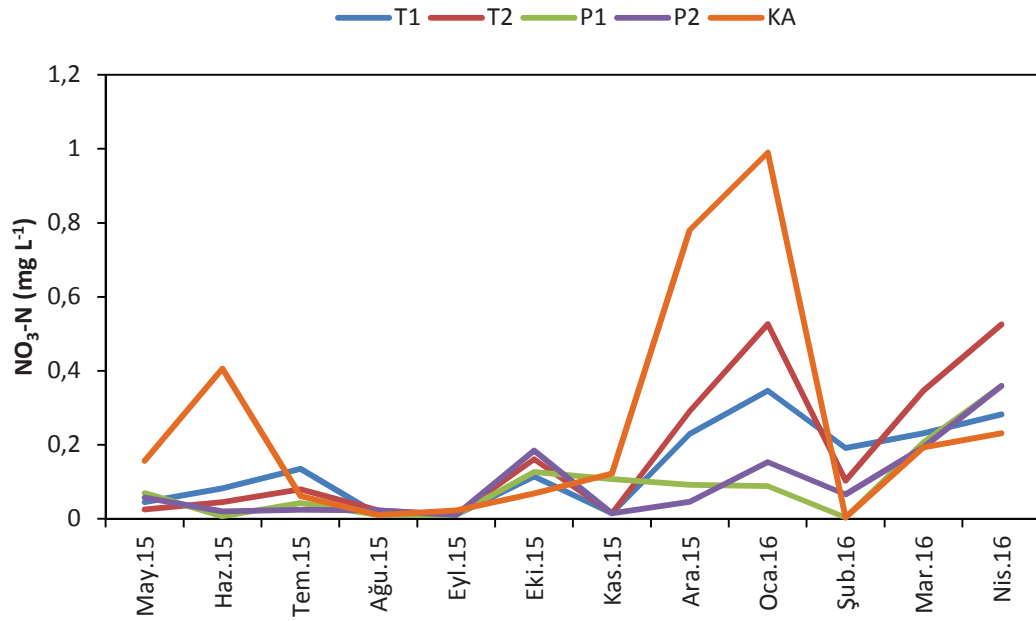


Şekil 3.6. Üç gölde çözünmüş Secchi diski değerlerinin aylara göre değişimi (P1: Poyrazlar 1. istasyon, P2: Poyrazlar 2. istasyon, KA: Küçük Akgöl, T1: Taşkısı 1. istasyon, T2: Taşkısı 2. istasyon)

### 3.7. Nitrat Azotu (NO<sub>3</sub>-N)

Poyrazlar Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum NO<sub>3</sub>-N konsantrasyonu 2016 yılının Nisan ayında 1. istasyonda 0.36 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedilirken, minimum NO<sub>3</sub>-N konsantrasyonu 2016 yılının Şubat ayında 1. istasyonda 0.003 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedildi (Şekil 3.7.). Küçük Akgöl Gölü'nde yapılan ölçümlerde NO<sub>3</sub>-N konsantrasyonu 2016 yılının Ocak ayında 0.98 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedilirken, minimum NO<sub>3</sub>-N konsantrasyonu 2016 yılının Şubat ayında 0.003 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedildi. Taşkısı Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum NO<sub>3</sub>-N konsantrasyonu 2016 yılının Nisan ayında 2. istasyonda 0.52 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedilirken, minimum NO<sub>3</sub>-N konsantrasyonu 2015 yılının Kasım ayında 1. istasyonda 0.02 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedildi (Şekil 3.7.). Her üç gölde de NO<sub>3</sub>-N konsantrasyonu kış aylarında diğer aylara göre daha yüksek ölçüldü. Üç gölün NO<sub>3</sub>-N değerleri istatistiki olarak farklı bulunmadı (p > 0.05).

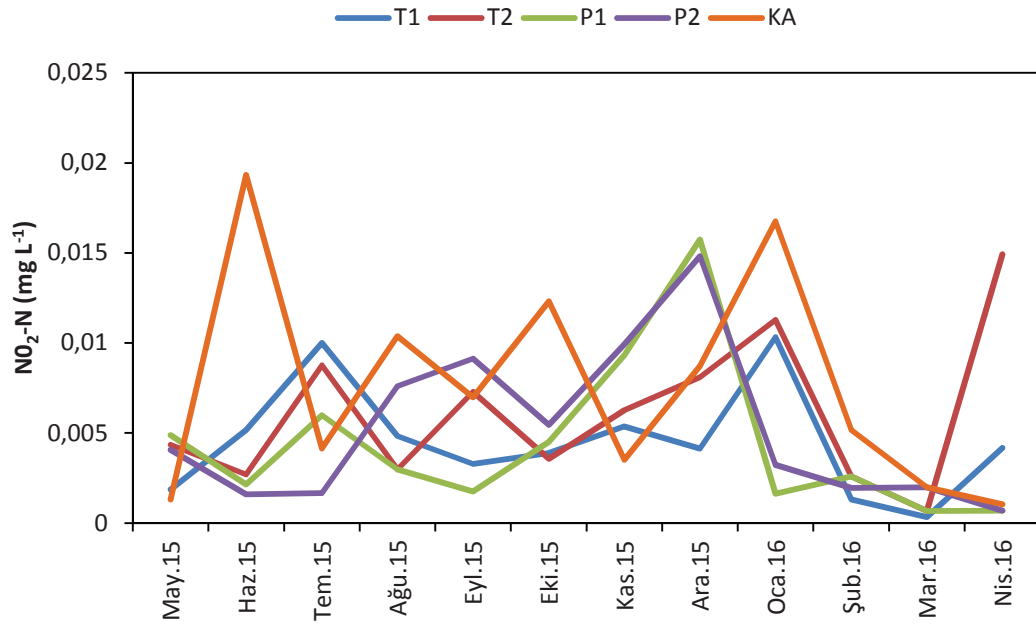




Şekil 3.7. Üç gölde nitrat azotu konsantrasyonunun aylara göre değişimi (P1: Poyrazlar 1. istasyon, P2: Poyrazlar 2. istasyon, KA: Küçük Akgöl, T1: Taşkısı 1. istasyon, T2: Taşkısı 2. istasyon)

### 3.8. Nitrit Azotu (NO<sub>2</sub>-N)

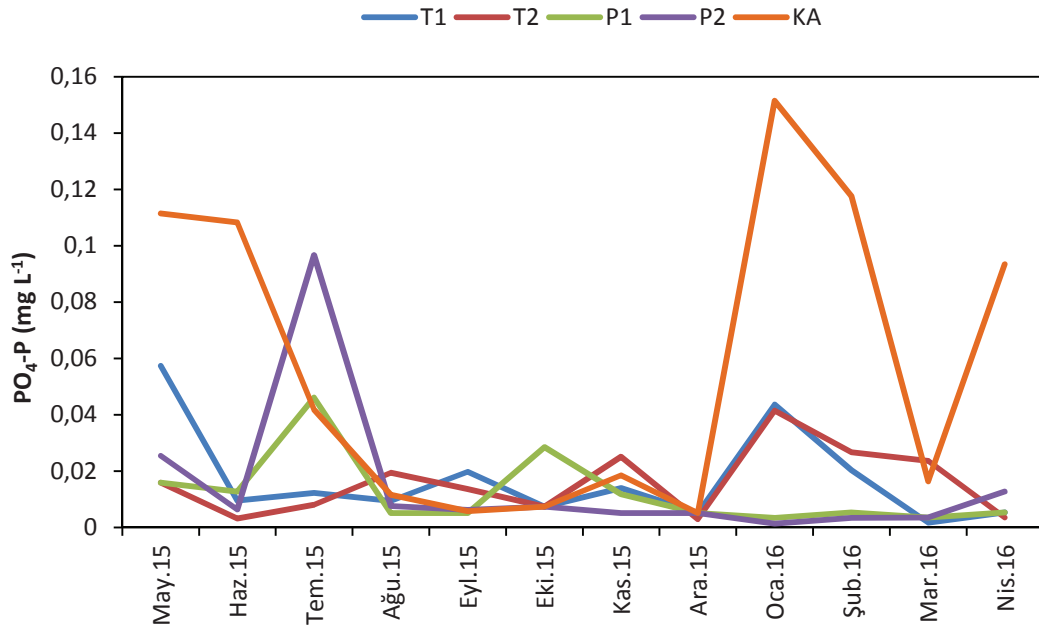
Poyrazlar Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum NO<sub>2</sub>-N konsantrasyonu 2015 yılının Aralık ayında 1. istasyonda 0.02 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedilirken, minimum NO<sub>2</sub>-N konsantrasyonu 2016 yılının Mart ayında 1. istasyonda 0.0006 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedildi. Küçük Akgöl Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum NO<sub>2</sub>-N konsantrasyonu 2015 yılının Haziran ayında 0.02 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedilirken, minimum NO<sub>2</sub>-N konsantrasyonu 2016 yılının Nisan ayında 0.001 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedildi. Taşkısı Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum NO<sub>2</sub>-N konsantrasyonu 2016 yılının Nisan ayında 2. istasyonda 0.02 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedilirken, minimum NO<sub>2</sub>-N konsantrasyonu 2016 yılının Mart ayında 1. istasyonda 0.0003 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedildi (Şekil 3.8.). Üç gölün NO<sub>2</sub>-N değerleri istatistiki olarak farklı bulunmadı ( $p > 0.05$ ).



Şekil 3.8. Üç gölde nitrit azotu konsantrasyonunun aylara göre değişimi (P1: Poyrazlar 1. istasyon, P2: Poyrazlar 2. istasyon, KA: Küçük Akgöl, T1: Taşkısı 1. istasyon, T2: Taşkısı 2. istasyon)

### 3.9. Ortofosfat (PO<sub>4</sub>-P)

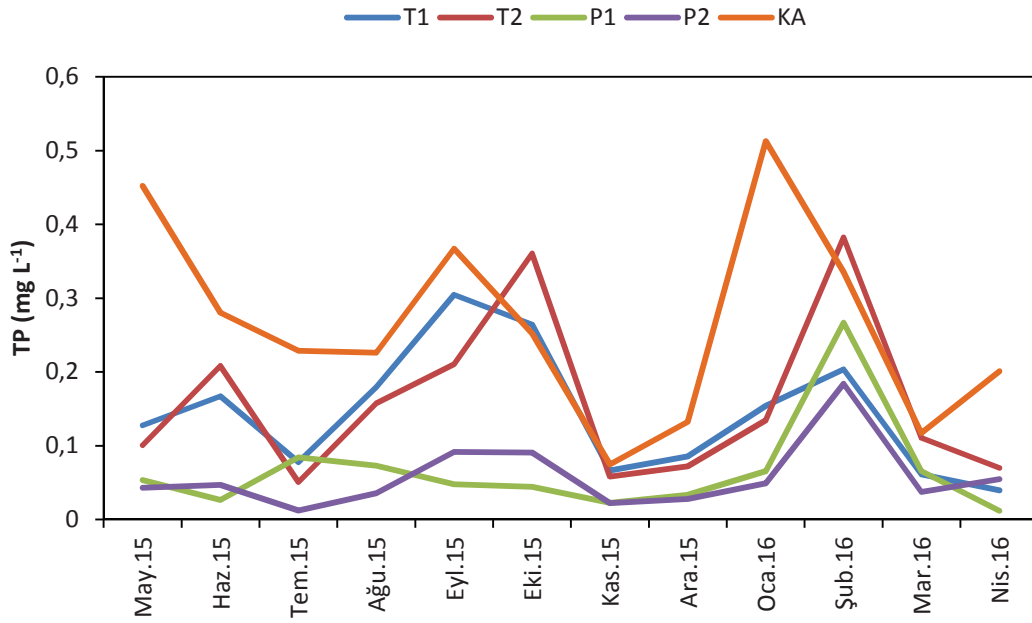
Poyrazlar Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum PO<sub>4</sub>-P konsantrasyonu 2015 yılının Temmuz ayında 2. istasyonda 0.09 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedilirken, minimum PO<sub>4</sub>-P konsantrasyonu 2016 yılının Ocak ayında 2. istasyonda 0.001 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedildi. Küçük Akgöl Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum PO<sub>4</sub>-P konsantrasyonu 2016 yılının Ocak ayında 0.15 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedilirken, minimum PO<sub>4</sub>-P konsantrasyonu 2015 yılının Aralık ayında 0.005 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedildi. Taşkısı Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum PO<sub>4</sub>-P konsantrasyonu 2015 yılının Mayıs ayında 1. istasyonda 0.06 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedilirken, minimum PO<sub>4</sub>-P konsantrasyonu 2016 yılının Mart ayında 1. istasyonda 0.002 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedildi (Şekil 3.9.). Küçük Akgöl Gölü'nde ölçülen PO<sub>4</sub>-P değerleri diğer göllere göre istatistik olarak farklı bulundu ( $f = 5.08$ ,  $p < 0.05$ ).



Şekil 3.9. Üç gölde ortofosfat konsantrasyonunun aylara göre değişimi (P1: Poyrazlar 1. istasyon, P2: Poyrazlar 2. istasyon, KA: Küçük Akgöl, T1: Taşkısı 1. istasyon, T2: Taşkısı 2. istasyon)

### 3.10. Toplam Fosfor (TP)

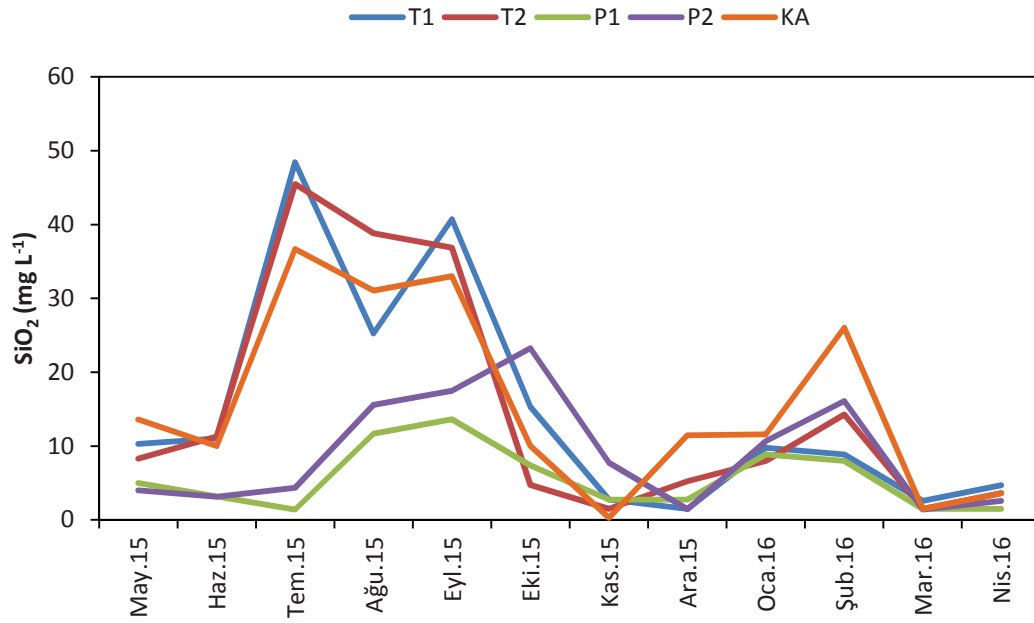
Poyrazlar Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum TP konsantrasyonu 2016 yılının Şubat ayında 1. istasyonda  $0.26 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedilirken, minimum TP konsantrasyonu 2016 yılının Nisan ayında 1. istasyonda  $0.01 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedildi. Küçük Akgöl Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum TP konsantrasyonu 2016 yılının Ocak ayında  $0.51 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedilirken, minimum TP konsantrasyonu 2015 yılının Kasım ayında  $0.07 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedildi. Taşkısı Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum TP konsantrasyonu 2016 yılının Şubat ayında 2. istasyonda  $0.38 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedilirken, minimum TP konsantrasyonu 2016 yılının Nisan ayında 1. istasyonda  $0.04 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedildi (Şekil 3.10.). Üç gölün TP değerleri birbirinden istatistiki olarak farklı bulundu ( $f = 9.59, p < 0.05$ ).



Şekil 3.10. Üç gölde toplam fosfor konsantrasyonunun aylara göre değişimi (P1: Poyrazlar 1. istasyon, P2: Poyrazlar 2. istasyon, KA: Küçük Akgöl, T1: Taşkısı 1. istasyon, T2: Taşkısı 2. istasyon)

### 3.11. Silika (SiO<sub>2</sub>)

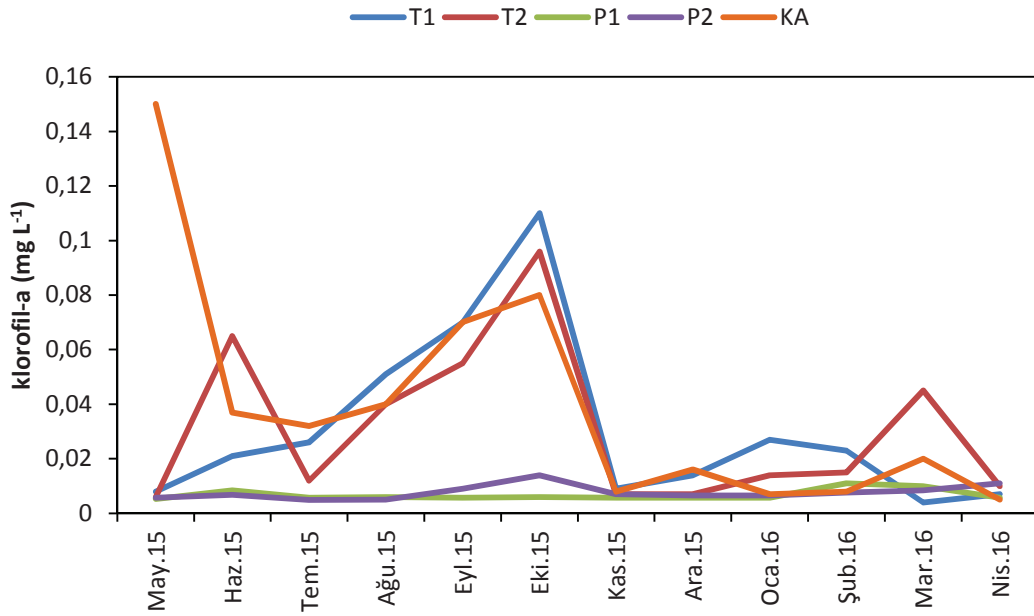
Poyrazlar Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum SiO<sub>2</sub> konsantrasyonu 2015 yılının Ekim ayında 2. istasyonda 23.20 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedilirken, minimum SiO<sub>2</sub> konsantrasyonu 2015 yılının Temmuz ayında 1. istasyonda 1.42 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedildi. Küçük Akgöl Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum SiO<sub>2</sub> konsantrasyonu 2015 yılının Temmuz ayında 36.70 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedilirken, minimum SiO<sub>2</sub> konsantrasyonu 2015 yılının Kasım ayında 0.25 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedildi. Taşkısı Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum SiO<sub>2</sub> konsantrasyonu 2015 yılının Temmuz ayında 1. istasyonda 48.40 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedilirken, minimum SiO<sub>2</sub> konsantrasyonu 2016 yılının Mart ayında 2. istasyonda 1.48 mg L<sup>-1</sup> olarak kaydedildi (Şekil 3.11.). Her üç gölde de yaz ve sonbahar aylarında ölçülen SiO<sub>2</sub> konsantrasyonları diğer aylara göre daha yüksek ölçüldü. Üç gölün SiO<sub>2</sub> değerleri istatistiki olarak farklı bulunmadı (p > 0.05).



Şekil 3.11. Üç gölde silika konsantrasyonunun aylara göre değişimi (P1: Poyrazlar 1. istasyon, P2: Poyrazlar 2. istasyon, KA: Küçük Akgöl, T1: Taşkısı 1. istasyon, T2: Taşkısı 2. istasyon)

### 3.12. Klorofil-*a* (Chl-*a*)

Poyrazlar Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum Chl-*a* konsantrasyonu 2015 yılının Ekim ayında 2. istasyonda  $0.01 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedilirken, minimum Chl-*a* konsantrasyonu 2015 yılının Temmuz ayında 2. istasyonda  $0.005 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedildi. Küçük Akgöl Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum Chl-*a* konsantrasyonu 2015 yılının Mayıs ayında  $0.15 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedilirken, minimum Chl-*a* konsantrasyonu 2016 yılının Nisan ayında  $0.005 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedildi. Taşkısı Gölü'nde yapılan ölçümlerde maksimum Chl-*a* konsantrasyonu 2015 yılının Ekim ayında 1. istasyonda  $0.11 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedilirken, minimum Chl-*a* konsantrasyonu 2016 yılının Mart ayında 1. istasyonda  $0.004 \text{ mg L}^{-1}$  olarak kaydedildi (Şekil 3.12.). Küçük Akgöl ve Taşkısı göllerinde Chl-*a* değerlerinin Poyrazlar Gölü'ne göre daha yüksek olduğu görüldü ( $f = 3.64$ ,  $p < 0.05$ ).



Şekil 3.12. Üç gölde klorofil-*a* konsantrasyonunun aylara göre değişimi (P1: Poyrazlar 1. istasyon, P2: Poyrazlar 2. istasyon, KA: Küçük Akgöl, T1: Taşkısı 1. istasyon, T2: Taşkısı 2. istasyon)

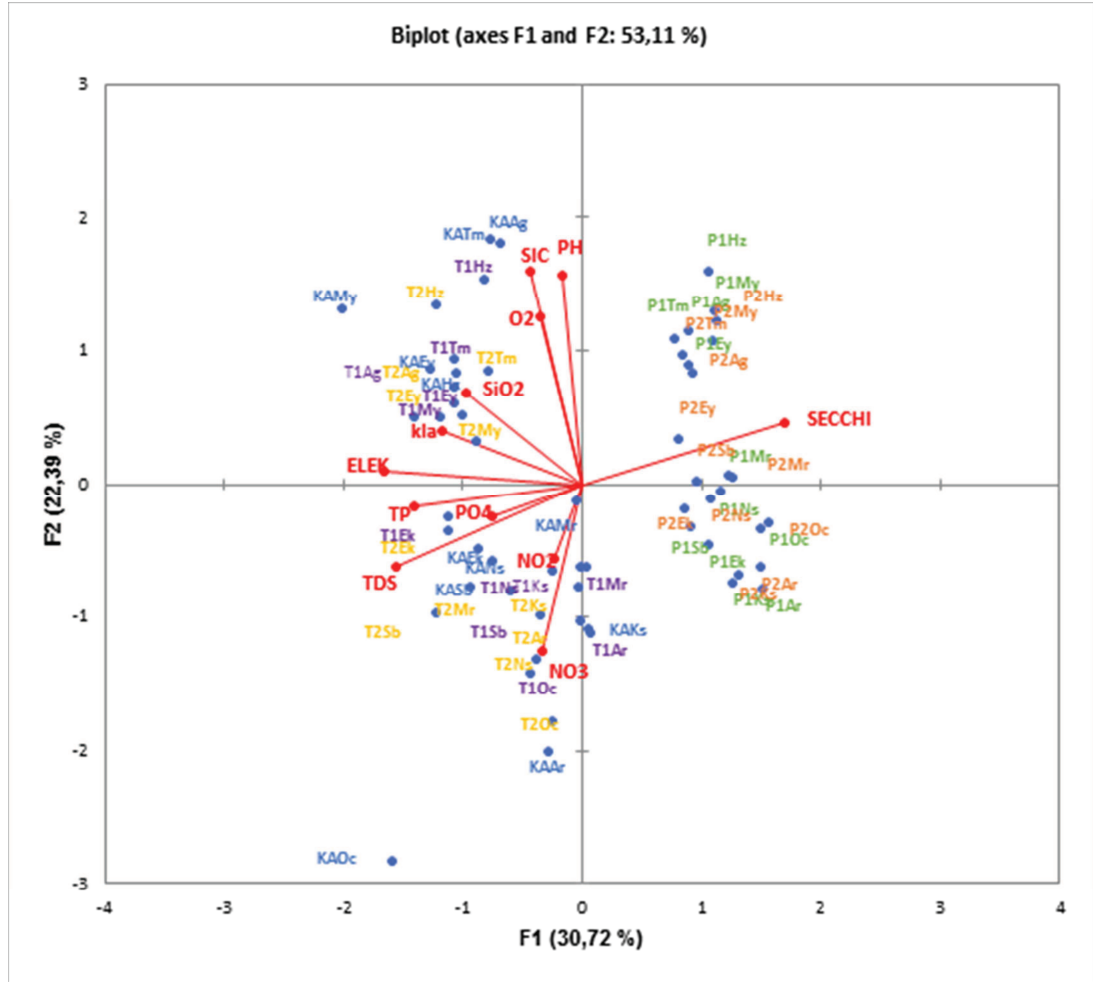
### 3.13. Carlson Trofik Durum İndeksi (TSI)

Yapılan hesaplamalar sonucu Poyrazlar Gölü'nün TSI değeri 54.98, Küçük Akgöl Gölü'nün TSI değeri 72.3 ve Taşkısı Gölü'nün TSI değeri 68.7 olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre Poyrazlar Gölü'nün trofik durumu düşük derecede ötrofik, Küçük Akgöl Gölü'nün trofik durumu yüksek derecede ötrofik, Taşkısı Gölü'nün trofik durumu orta derecede ötrofik olarak belirlenmiştir.

### 3.14. Temel Bileşen Analizi (PCA)

Temel Bileşen Analizi (PCA) çevresel değişkenleri ve gölleri üçe ayırmaktadır (Şekil 3.13.). Poyrazlar Gölü'nün 1. ve 2. istasyonları Secchi diski derinliği ile pozitif korelasyon göstererek diğer göllerden ve çevresel değişkenlerden ayrı şekilde gruplanmıştır. Mayıs ayından Eylül sonuna kadar olan dönemde Taşkısı Gölü'nün 1. ve 2. istasyonları ve Küçük Akgöl Gölü sıcaklık, elektriksel iletkenlik, SiO<sub>2</sub>, çözülmüş oksijen miktarı, pH ve Chl-*a* ile pozitif korelasyon göstererek ikinci grubu oluşturmuştur. Ekim ayından Nisan sonuna kadar olan dönemde Taşkısı Gölü'nün 1.

ve 2. istasyonları ve Küçük Akgöl Gölü TDS, NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P ve TP ile pozitif korelasyon göstererek ayrı bir grup oluşturmuştur.



Şekil 3.13. Çevresel Değişkenlere Uygulanan Temel Bileşen Analizi (PCA). Eksenlerle açıklanan kümülatif yüzde değişimi: I - 30.72%; I+II - 53.11%. İlk karakterler gölleri ve istasyonları [P1: Poyrazlar 1. İstasyon (Yeşil), P2: Poyrazlar 2. İstasyon (turuncu), KA: Küçük Akgöl (Mavi), T1: Taşkısı 1. İstasyon (Mor), T2: Taşkısı 2. İstasyon (sarı)] ve ikinci karakterler ayların kısaltmalarını belirtmektedir. Çevresel değişkenler: SIC: su sıcaklığı; PH: pH; O<sub>2</sub>: çözülmüş oksijen miktarı; ELEK: elektriksel iletkenlik; TDS: toplam çözülmüş madde; NO<sub>3</sub>: nitrat azotu; NO<sub>2</sub>: nitrit azotu; PO<sub>4</sub>: ortofosfat, TP: toplam fosfor; SiO<sub>2</sub>: silika; SECCHI: secchi diski derinliği; kla: klorofil-*a*.

## BÖLÜM 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yıllık ortalama sıcaklık değerleri Poyrazlar Gölü'nde 18.8 °C, Küçük Akgöl Gölü'nde 18.7 °C ve Taşkısı Gölü'nde 18.6 °C olarak kayıt edilmiştir. Göllerde ölçülen sıcaklık değerlerinin mevsimsel şartlara paralel olarak seyrettiği görülmüştür.

Yıllık ortalama elektriksel iletkenlik değerleri Poyrazlar Gölü'nde 168.8  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , Küçük Akgöl Gölü'nde 352.7  $\mu\text{S cm}^{-1}$  ve Taşkısı Gölü'nde 433.2  $\mu\text{S cm}^{-1}$  olarak ölçülmüştür. Doğal suların elektriksel iletkenliği 50 ile 1500  $\mu\text{S cm}^{-1}$  arasındadır (Anonim, 2004). Elektriksel iletkenlik suda bulunan tuzların veya çözünebilir maddelerin toplamı olup, hem jeolojik faktörlere hemde dışarıdan gelen faktörlere bağlıdır (Dirican, 2008). Sulardaki kirlilik arttıkça elektriksel iletkenlik değerleri 1000  $\mu\text{S cm}^{-1}$  değerini aşmaktadır (Polat, 1997). Elektriksel iletkenliğin Taşkısı Gölü'nde diğer iki göle göre daha yüksek değerlerde bulunması bu göldeki iyonların konsantrasyonunun daha yüksek olduğuna işaret etmektedir. Her üç gölde de elektriksel iletkenlik değerleri ilkbahar ve yaz aylarında artış göstermiştir. Elektriksel iletkenliğin artması, yazın artan buharlaşmanın, azalan su girdisinin, organik maddelerin artan minerilizasyonunun ve göldeki düşük su seviyesinin bir sonucu olarak artan iyonik konsantrasyon nedeniyledir (Barlas ve ark., 1995; Kıvrak, 2006).

Yıllık ortalama TDS değerleri Poyrazlar Gölü'nde 125.4  $\text{mg L}^{-1}$ , Küçük Akgöl Gölü'nde 260.3  $\text{mg L}^{-1}$  ve Taşkısı Gölü'nde 323.1  $\text{mg L}^{-1}$  olarak ölçülmüştür. TDS 2  $\mu\text{m}$ 'den küçük tüm iyon partiküllerinin toplamını ifade etmektedir. Tuzluluk konsantrasyonunu oluşturan birbirinden ayrılmış tüm elektrolitleri ve çözünmüş organik maddeler gibi diğer bileşikler kapsamaktadır. Temiz sularda TDS hemen hemen tuzluluğa eşittir. Kirli alanlarda ve atık su alanlarında ise organik çözünmüş maddeleri ve tuz iyonlarını içermektedir. Sağlık örgütleri ve bazı ülkeler su kalitesini belirlemede TDS standartlarını kullanmaktadırlar. Amerika Birleşik Devletleri



Çevresel Koruma Ajansı (EPA) tarafından belirlenen kontaminasyonun maksimum üst sınırı  $500 \text{ mg L}^{-1}$  dir (WHO, 1996). Su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre, birinci sınıf (yüksek kaliteli) sularda TDS'nin üst sınırı  $500 \text{ mg L}^{-1}$  da olarak belirlenmiştir (Anonim, 2004). Üç gölde de ölçülen değerler  $500 \text{ mg L}^{-1}$  sınırının altındadır. Elektriksel iletkenlik ve TDS arasında doğrusal bir ilişki vardır (Horne ve Goldman, 1994). Bu sebeple elektriksel iletkenlik değerleri gibi TDS değerleri de Taşkısı Gölü'nde daha yüksek değerlerde ölçülmüştür.

Yıllık ortalama pH değerleri Poyrazlar Gölü'nde 8.3, Küçük Akgöl Gölü'nde 8.4 ve Taşkısı Gölü'nde 8.2 olarak ölçülmüştür. Türkiye geneline bakıldığında pH değerinin göllerde genel olarak 6.0' dan yüksek olduğu görülmektedir (Aykulu ve ark., 1983; Ünal, 1984; Çetin ve Şen, 1998; Soylu ve ark., 2007; Çelik ve Ongun, 2008). Su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre birinci sınıf sularda pH'nın 6.5 ve 8.5 arasında olması gerektiği belirtilmiştir (Anonim, 2004). Bazı tatlı sularda bu değerlerde dalgalanmalar görülebilir. Özellikle aşırı verimli sularda gün ışığı süresince algal fotosentez  $\text{CO}_2$ ' i sudan uzaklaştırarak pH'ı artırmaktadır (Jones-Lee ve Lee, 2005). Her üç gölde de 2015 yılının yaz aylarında pH değerinin en yüksek seviyelere çıktığı görülmüştür. Yaz aylarında pH değerindeki bu artışın aşırı fotosentezden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yıllık ortalama çözünmüş oksijen değerleri Poyrazlar Gölü'nde  $3.4 \text{ mg L}^{-1}$ , Küçük Akgöl Gölü'nde  $3.9 \text{ mg L}^{-1}$  ve Taşkısı Gölü'nde  $3.7 \text{ mg L}^{-1}$  olarak ölçülmüştür. Su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre üç gölde ölçülen değerler ikinci ve üçüncü sınıf suların özellikleri arasında bulunmaktadır (Anonim, 2004). Çözünmüş oksijen konsantrasyonu ile pH arasında doğrusal, sıcaklık ile arasında ters bir ilişki vardır (Tanyolaç, 2009). Bununla birlikte üç gölde de sıcaklığın artmaya başladığı ilkbahar döneminden yaz sonuna kadar olan dönemde pH ve çözünmüş oksijen değerlerinde artma vardır. Sıcaklığın artması suda oksijen çözünürlüğünü azalttığından yaz aylarında Sakarya ilindeki bazı göllerde oksijen, kış aylarına göre daha düşük değerlerde ölçülmüştür (Sevindik ve ark., 2014; Sevindik ve Küçük, 2016). Üç gölde de çözünmüş oksijen değerlerinin yaz aylarında yüksek çıkması göllerde fotosentezin aşırı yüksek olduğunu belirten bir başka delildir.

Yıllık ortalama Secchi diski derinliği Poyrazlar Gölü'nde 175.8 cm, Küçük Akgöl Gölü'nde 69.6 cm ve Taşkısı Gölü'nde 67.7 cm olarak ölçülmüştür. Yıllık ortalama Chl-*a* değerleri Poyrazlar Gölü'nde 0.007 mg L<sup>-1</sup>, Küçük Akgöl Gölü'nde 0.04 mg L<sup>-1</sup> ve Taşkısı Gölü'nde 0.03 mg L<sup>-1</sup> olarak ölçülmüştür. Su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre Poyrazlar Gölü'nde ölçülen ortalama Chl-*a* değeri doğal koruma ve rekreasyon alanı için belirlenen sınır değerin hemen (0.008 mg L<sup>-1</sup>) altındadır. Diğer iki gölde ölçülen değerler ise diğer kullanımlar için olması gereken sınır değerin (0.025 mg L<sup>-1</sup>) üstündedir (Anonim, 2004). Secchi diski derinliğini etkileyen en önemli faktörlerin başında askıda katı madde ve fitoplankton yoğunluğu gelmektedir (Horne ve Goldman, 1994). Bu sebeple fitoplanktonun aşırı gelişim gösterdiği ve Chl-*a* değerlerinin yüksek olduğu ilkbahar ve yaz döneminde Secchi diski derinliği değerleri üç gölde de azalmıştır. Poyrazlar Gölü'nde diğer iki göle göre Chl-*a* değerlerinin daha az ve Secchi diski derinliğinin daha yüksek çıkması yıllık ortalama fitoplankton biyokütlesinin de bu gölde daha düşük olduğuna işaret etmektedir.

Yıllık ortalama NO<sub>3</sub>-N değerleri Poyrazlar Gölü'nde 0.095 mg L<sup>-1</sup>, Küçük Akgöl Gölü'nde 0.25 mg L<sup>-1</sup> ve Taşkısı Gölü'nde 0.16 mg L<sup>-1</sup> olarak ölçülmüştür. Su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre birinci sınıf sularda NO<sub>3</sub>-N için verilen üst sınır değer 5 mg L<sup>-1</sup> olarak belirtilmiştir (Anonim, 2004). Yıllık ortalama NO<sub>2</sub>-N değerleri Poyrazlar Gölü'nde 0.0048 mg L<sup>-1</sup>, Küçük Akgöl Gölü'nde 0.008 mg L<sup>-1</sup> ve Taşkısı Gölü'nde 0.005 mg L<sup>-1</sup> olarak ölçülmüştür. Su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre birinci sınıf sularda NO<sub>2</sub>-N için verilen üst sınır değer 0.002 mg L<sup>-1</sup> olarak belirtilmiştir (Anonim, 2004). Üç gölde de ölçülen NO<sub>3</sub>-N değerleri birinci sınıf sular için verilen değerlerin altında olmakla birlikte, NO<sub>2</sub>-N için belirtilen değerlerin üstündedir. NO<sub>2</sub>-N yönünden üç gölde ölçülen değerler ikinci sınıf suları belirtmektedir. Fitoplankton nitrat, nitrit ve amonyum gibi farklı azot kaynaklarını kullanabilmektedir. Bunun yanında üre, amino asitler ve peptidler gibi çözünmüş organik azot bileşikleri de kullanılmaktadır (Reynolds, 1984). NO<sub>3</sub>-N, azotun oksijence zengin sularda en yaygın görülen ve fitoplanktonun kendi gelişimi için en çok tercih ettiği formdur. Üç gölde de NO<sub>3</sub>-N fitoplankton gelişimini sağlamak için uygun konsantrasyonlarda bulunmaktadır (Reynolds, 1997). Bununla birlikte Chl-*a*

değerlerinin ve fotosentezin yüksek olduğu yaz aylarında  $\text{NO}_3\text{-N}$  değerleri aşırı tüketime bağlı olarak azalmıştır. Oksijen konsantrasyonu yüksek sularda amonyum ve  $\text{NO}_2\text{-N}$ 'na çok az miktarda rastlanmaktadır (Cirik ve Cirik, 1995). Oksijen konsantrasyonu azaldıkça ortamda  $\text{NO}_3\text{-N}$ 'na göre  $\text{NO}_2\text{-N}$  ve amonyum daha fazla bulunmaya başlamaktadır (Horne ve Goldman, 1994). Oksijen değerlerinin daha düşük olduğu kış aylarında  $\text{NO}_2\text{-N}$  değerlerinin üç gölde de biraz daha yüksek olduğu görülmektedir. Bununla birlikte üç gölde de  $\text{NO}_2\text{-N}$  konsantrasyonunda aydan aya düzensiz dalgalanmalar mevcuttur. Bu durum dış kaynaklı organik madde girişine ve bunu takiben  $\text{NO}_2\text{-N}$ 'na dönüşen organik maddelerin fitoplankton tarafından ortamdaki kaldırılmasına veya  $\text{NO}_3\text{-N}$ 'na dönüşmesine bağlı olarak görülmektedir.

Yıllık ortalama  $\text{PO}_4\text{-P}$  değerleri Poyrazlar Gölü'nde  $0.014 \text{ mg L}^{-1}$ , Küçük Akgöl Gölü'nde  $0.06 \text{ mg L}^{-1}$  ve Taşkısı Gölü'nde  $0.017 \text{ mg L}^{-1}$  olarak ölçülmüştür. Yıllık ortalama TP değerleri Poyrazlar Gölü'nde  $0.06 \text{ mg L}^{-1}$ , Küçük Akgöl Gölü'nde  $0.27 \text{ mg L}^{-1}$  ve Taşkısı Gölü'nde  $0.15 \text{ mg L}^{-1}$  olarak ölçülmüştür. Su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre TP'nin üst sınırı  $0.02 \text{ mg L}^{-1}$  olarak belirlenmiştir (Anonim, 2004). Üç gölde de ölçülen değerler bu değerlerin üstündedir ve ikinci sınıf su özelliklerini belirtmektedir. Üç gölde de  $\text{PO}_4\text{-P}$  değerleri fitoplankton gelişimini sağlamak için uygun konsantrasyonlarda bulunmaktadır (Reynolds, 1997). Planktonik algler fosfordan sadece  $\text{PO}_4\text{-P}$  şeklinde yararlanabilmektedirler (Horne ve Goldman, 1994). Üç gölde de *Chl-a* değerlerinin aşırı artış gösterdiği Ağustos-Ekim 2015 döneminde  $\text{PO}_4\text{-P}$  değerlerinin azalması alglerin aşırı tüketimine bağlıdır.

Yıllık ortalama  $\text{SiO}_2$  değerleri Poyrazlar Gölü'nde  $7.3 \text{ mg L}^{-1}$ , Küçük Akgöl Gölü'nde  $15.7 \text{ mg L}^{-1}$  ve Taşkısı Gölü'nde  $15.03 \text{ mg L}^{-1}$  olarak ölçülmüştür.  $\text{SiO}_2$  değerlerinin *Chl-a*'nın en yüksek değerlere ulaştığı Ekim ayında ani azalma göstermesi bu ayda özellikle fitoplanktonda bulunan diatomelar tarafından kullanımına işaret etmektedir.

Su kirliliği kontrol yönetmeliğindeki kriterlere göre üç gölün fizikokimyasal parametrelerini değerlendirdiğimizde göllerin daha çok birinci ve ikinci sınıf su

özelliklerinde oldukları görülmektedir. Bununla birlikte, TP, Chl-*a* ve Secchi diski derinliği değerleri ölçülen diğer parametrelere göre göllerin trofik durumunun değerlendirilmesinde daha iyi sonuç vermektedir (Carlson, 1977). Küçük Akgöl Gölü'nde ölçülen Chl-*a* ve TP değerleri ve bu verilerden elde edilen trofik durum indeksi değerleri diğer iki göle göre daha yüksek çıkmıştır. Bu sebeple Küçük Akgöl Gölü daha ötrofiktir. Küçük Akgöl Gölü'nün güney kesimlerinde yürütülen tarımsal faaliyetlerin ötrifikasyona katkı sağladığı ve gölün küçük yüzey alanına sahip ve sığ olmasından dolayı diğer göllere göre dış kaynaklı etkilerden daha çok etkilendiği düşünülmektedir. Etrafında tarım alanları, küçük çaplı yerleşim alanları ve termik santral bulunduğundan dolayı diğer iki göle göre Taşkısı Gölü insan etkisine daha çok maruz kalmaktadır. Özellikle termik santral soğutma sularını göle deşarj etmektedir. Bununla birlikte yüzey alanının daha büyük olması ve derinliğinin daha fazla olması dolayısıyla Küçük Akgöl Gölü'ne göre biraz daha az ötrofiktir. Temel Bileşen Analizi (PCA) sonuçları Taşkısı ve Küçük Akgöl Gölleri'ni birlikte gruplandırmıştır. İlkbahar ve yaz döneminde sıcaklığın artmasının da etkisiyle fitoplanktonun aşırı gelişimine bağlı olarak yüksek değerlerde ölçülen Chl-*a*, pH, çözülmüş oksijen gibi parametreler bir grubu, fitoplanktonun aşırı tüketiminden dolayı ilkbahar ve yaz aylarında düşük değerlerde, diğer dönemlerde ise yüksek değerlerde ölçülen TP, PO<sub>4</sub>-P, NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N gibi parametrelerde diğer grubu oluşturmuştur.

Gerek elektriksel iletkenlik, TDS, TP, SiO<sub>2</sub> ve Chl-*a* değerlerinin daha az, Secchi diski derinliğinin daha yüksek çıkması, gerekse trofik durum indeksi sonuçları Poyrazlar Gölü'nün diğer iki göle göre daha az kirli olduğunu göstermektedir. Temel Bileşen Analizi (PCA) sonuçları da bu gölü diğer iki gölden ayırarak ayrı bir şekilde gruplandırmıştır. Bununla birlikte, göl etrafında bulunan yerleşim alanlarının ve gölün çevresinde yürütülen rekreasyonel faaliyetlerin etkileri sonucu gölün trofik seviyesinin 1999 yılından beri (Temel ve Yardımcı, 2004) artma gösterdiği görülmektedir.

Ötrifikasyon gölün ilk oluştuğu zamandan sonra yavaş işleyen bir süreç olmakla birlikte antropojenik faktörler devreye girdiğinde bu süreç hızlanmaktadır. Üç gölün

de trofik seviyesinin yüksek olması sebebiyle havza bazlı koruma temel alınarak üç gölün yönetim planının oluşturulması gerekmektedir. Bu çalışmanın oluşturulacak yönetim planları için su kalitesi izleme alt yapısı oluşturması ümit edilmektedir.

## KAYNAKÇA

- Anonim. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği. 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete, Ankara. 2004.
- Anonim. Türkiye Çevre Durum Raporu. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ankara. 2011.
- Akbulut, A., Yıldız, K. The planktonic Diatoms of Lake Çıldır (Ardahan), Tr. J. of Botany, 26: 55-75. 2002.
- Aykulu, G., Obalı, O., Gönülol, A. Ankara çevresindeki bazı göllerde fitoplanktonun yayılışı. Doğa Bilim Der., Temel Bilimler, 7: 277-288. 1983.
- Barlas, M., İkiel, C., Özdemir, N. Gökova Körfezi'ne Akan Tatlı Su Kaynaklarının Fiziksel ve Kimyasal Acıdan İncelenmesi. Doğu Anadolu Bölgesi I. ve II. Su Urunleri Sempozyumu, Erzurum, 704-712. 1995.
- BM (Birleşmiş Milletler), Birleşmiş Milletler Su İstatistikleri. ([http://www.unwater.org/statistics\\_res.html](http://www.unwater.org/statistics_res.html)). 2003.
- Carlson, R.E. A trophic state index for lakes. Limnology and Oceanography, 22: 361-369. 1977.
- Cirik, S., Cirik, Ş. Limnoloji. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir. 1995.
- Çelik, K., Ongun, T. Spatial and temporal dynamics of the steady-state phytoplankton assemblages in a temperate shallow hypertrophic lake (Lake Manyas, Turkey). Limnology, 9(2): 115-123. 2008.
- Çetin, K., Şen, B. Diatoms (Bacillariophyta) in the Phytoplankton of Keban Reservoir and their Seasonal Variations. Tr. J. of Botany, 22: 25-34. 1998.
- Demir, A.N., Fakıoğlu, Ö., Dural, B. Phytoplankton functional groups provide a quality assessment method by the Q assemblage index in Lake Mogan (Turkey). Tr. J. of Botany, 38(1): 169-179. 2014.
- Demirsoy, A., Kasperek, M., Akbulut., A., Durmuş, Y., Akbulut, N.E., Çalışkan, M. Phenology of the medicinal leech, *Hirudo medicinalis* L., in north-western Turkey. Hydrobiologia, 462: 19-24. 2001.
- Dirican, S. Kılıckaya Baraj Golu (Sivas-Türkiye)'nun Su Kalitesinin Değerlendirilmesi, HR.Ü.Z.F.Dergisi, 12(4): 25-31. 2008.
- DSİ (Devlet Su İşleri), Turkey Water Report. Ankara, ([http://www.dsi.gov.tr/english/pdf\\_files/TurkeyWaterReport.pdf](http://www.dsi.gov.tr/english/pdf_files/TurkeyWaterReport.pdf)). 2009.
- Dugan, J.P. Sulak Alanların Korunması: Güncel Konular ve Gerekli Çalışmalar Üzerine Bir İnceleme. DHKD, İstanbul. 1990.

- Fahmy, T. XLSTAT, version 2017. Addinsoft, Paris. 2017.
- Förstner, U., Wittman, G.T.W. Metal pollution in the Aquatic Environment, Springer Verlag, Berlin. 1983.
- Gönüloğlu, A., Obalı, O. Seasonal variations of phytoplankton in Suat Uğurlu (Samsun), Tr. J. of Botany, 93-97. 1998.
- Horne, A.J. Goldman, C.R.. Limnology. McGraw-Hill, Newyork. 1994.
- Jones-Lee, A., Lee, F.G. Eutrophication (Excessive Fertilization), Water Encyclopedia: Surface and Agricultural Water. Wiley, Hoboken, N.J, 107-114. 2005.
- Kıvrak, E. Seasonal and Long Term Changes of the Phytoplankton in the Lake Tortum in Relation to Environmental Factors, Erzurum, Turkey. Biologia, 61: 339-345. 2006.
- Kocataş, A. Ekoloji ve Çevre Biyolojisi, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Ders Kitapları Serisi, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir. 1994.
- Muluk Ç.B., Kurt, B., Turak, A., Türker, A., Çalışkan, M.A., Balkız, Ö., Gümrükçü, S., Sarıgül, G., Zeydanlı, U. Türkiye’de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif. İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Deneği. Doğa Koruma Merkezi. 2013.
- Polat, M. Akarsu ve Göllerde İzlenen Fiziksel ve Kimyasal Parametreler, Su Kalitesi Yonetimi Semineri, DSİ Genel Mud., Ankara, 45-57. 1997.
- Reynolds, C.S. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 1984.
- Reynolds, C.S. Vegetation Process in the Pelagic: A Model for Ecosystem Theory. Ecology Institute, Oldendorf, Luhe. 1997.
- Riviera, J.W.M. Threats to World's Water: Readings from Scientific American (in Managing Planet Earth). W.H. Freeman and Company, New York. 1990.
- Sevindik, T.O., Tunca, H., Önem, B., Tamer, S.A. Temporal fluctuations of the phytoplankton community in an isolated floodplain lake (North Mollaköy Lake) of the Sakarya River (Northern Turkey). Oceanological and Hydrobiological Studies, 43 (4): 381-392. 2014.
- Sevindik, T.O., Küçük, F. Benthic Diatoms as Indicators of Water quality in the Acarlar Floodplain Forest (Northern Turkey). Feb-fresenius Environmental Bulletin, 25: 4013-4025. 2016.
- Sevindik, T.O., Tunca, H., Gönüloğlu, A., Gürsoy, N., Küçükaya, Ş. N., Kınalı, Z. Phytoplankton dynamics and structure, and ecological status estimation by the Q assemblage index: a comparative analysis in two shallow Mediterranean lakes. Tr. J. of Botany, 41(1): 25-36. 2017.
- Soylu, E.N., Maraşlıoğlu, F., Gönüloğlu, A. Phytoplankton Seasonality of a shallow turbid lake. Algological Studies, 123: 95-110. 2007.
- Strickland, J.D.H., Parsons, T.R., A practical handbook of seawater analysis. 2nd Edition. Bull. Fish. Res. Bd Can. 1972.

- Tanyolaç, J. Limnoloji, Tatlı Su Bilimi. Hatiboğlu Yayınları, Ankara. 2009.
- Taşdemir, A., Ustaoglu, M.R., Balık, S., Sarı, H.M. Batı Karadeniz bölgesindeki Türkiye bazı gollerin Diptera ve Ephemeroptera faunası. *Journal of Fisheries Sciences*, 2: 252-260. 2008.
- Technicon Industrial Methods, Nitrate and nitrite in water and wastewater. No. 158-71, W/A. U.K. 1977 a.
- Technicon Industrial Methods, Phosphate and silicate analysis in water and seawater. No. 253-280 E. Application note, U.K. 1977 b.
- Temel, M., Yardımcı, C.H. Phytoplankton community of Poyrazlar and Taşkısı Lakes, Adapazarı, Turkey. *Bangladesh Journal of Botany*, 33: 9-13. 2004.
- Uslu, O., Türkman, A. Su Kirliliği ve Kontrolü. T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Eğitim Yayınları Dizisi 1, İzmir. 1987.
- Ünal, Ş. Beytepe ve Alap göletlerinde fitoplanktonun mevsimsel değişimi. *Doğa Bilim Dergisi*, 8 (1): 121-137. 1984.
- WHO (World Health Organization), Guidelines for drinking water quality. 2nd ed. Vol:2, Geneva. 1996.
- WWAP (World Water Assessment Programme), The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk. Paris, UNESCO, 2012.
- Youngman, R.E. The measurement of chlorophyll. *Wat. Res. Centre tech. Rep. TR 82*, Medmenham, U.K. 1978.
- Zeybek, Z. Akgöl'deki (Karaman-Konya) Bazı Su Kalitesi Parametrelerinin Araştırılması. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, sy:134. 2006.



## ÖZGEÇMİŞ

Mehmet ERDOĞAN'ın asıl memleketi Yozgat olmakla birlikte 1991 yılında Ankara'nın Altındağ ilçesinde doğdu. Lise öğrenimini Ankara'da tamamladıktan sonra 2010 yılında Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. 2014 yılında lisans eğitimini tamamladı. Aynı yıl Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji EABD alanında yüksek lisans eğitimine başladı. Mehmet ERDOĞAN evli ve bir çocuk babasıdır.